



INFORME ANUAL DEL PROYECTO DE MONITORIZACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LOS CRUCES DE FAUNA

Periodo: 2024

Fecha de Emisión	Revisión	Descripción	Elaborado por:		Revisado y Aprobado por:	
29/06/2025	1	Informe Técnico	Biodiversity Consultant Group		Blanca Araúz Superintendente de Medio Ambiente	

Biodiversity Consultant Group (BCG)

Calle Sauce, Hato Pintado, Casa L13, segunda planta
Teléfono: 203-6384

Equipo Administrativo:

MSc. Samuel Valdés	-Director General
Msc. César Jaramillo	-Gerente Operativo
Msc. Marelys Torres	-Gerente de Administrativa
Lcda. Scarleth Hernández	-Asistencia Administrativa
Msc. Whitney Guardado	-Coordinador Logístico
Lic. Juan Pablo Ríos	-Logística

Equipo de Especialistas:

MSc. Samuel Valdés	-Ictiofauna
MSc. César Jaramillo	-Zoología (Herpetología)
MSc. Marelys Torres	-Gestión Ambiental
Lic. Germaine Sagel	-Zoología
Lic. Marcos Ponce	-Zoología (Herpetología y Mastozoología)
Lic. Yaritza González	-Zoología (Ictiología y Macroinvertebrados Acuáticos)
Lic. Laurencio Martínez	-Botánica Coordinador Flora
Téc. Benjamín Walker	-Vida silvestre/ Coordinador Fauna Terrestre

Tabla de contenido

RESUMEN EJECUTIVO	1
INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVOS	3
METODOLOGÍA.....	4
Monitoreo de los Sitios de Cruce de Fauna	4
Instalación de las Cámaras Trampas	5
Monitoreo de la Efectividad de las Estructuras de Cruce Construidas	7
Indicadores.....	7
RESULTADOS.....	8
Monitoreo de los Sitios de Cruce de Fauna	8
Indicador 1: El total de cruces (todas las especies en conjunto y cada especie individualmente) ¿es significativamente mayor en las proximidades de estructuras para Cruce de Fauna, ¿qué en ubicaciones al azar (prueba “t”)?	8
Especies en conjunto	8
Especie individualmente.....	12
Indicador 2: Relación de capturas de la cámara trampa (ubicaciones de las estructuras para cruce/ubicaciones al azar) para especies en conjunto y para especies individualmente.	13
Monitoreo de la Efectividad de las Estructuras de Cruce Construidas.	19
Indicador 1: Número promedio de cruces por periodos de 45 días (especies en conjunto e individualmente).....	20
Especies en Conjunto.	20
Especies individuales	21
Cruce no exitoso.	23
Especies en Conjunto.	24
Especies individuales	24
Indicador 2: Relación promedio del éxito de cruces por periodos de 45 días (número de cruces exitosos/número total de intentos ya sean exitosos e infructuosos), por especies en conjunto e individualmente.	28
Análisis de datos históricos 2015-2024.....	31
1. Análisis de Tendencias Temporales 2015-2024 de cruces exitosos.	31
Especies individuales	31

Especies en conjunto	34
Riqueza de Especie	34
4. Análisis de Tendencias Temporales 2015-2024 de capturas independientes	37
5. Registro de la efectividad de las estructuras.....	40
Cruce exitoso	40
6. Registro de la efectividad de las estructuras, registros independientes.	44
CONCLUSIONES.....	49
Monitoreo de los Sitios de Cruce de Fauna	49
Indicador 1: El total de cruces (todas las especies en conjunto y cada especie individualmente) ¿es significativamente mayor en las proximidades de estructuras para Cruce de Fauna, ¿qué en ubicaciones al azar (prueba “t”)?	49
Indicador 2: Relación de capturas de la cámara trampa (ubicaciones de las estructuras para cruce/ubicaciones al azar) para especies en conjunto y para especies individualmente.	50
Monitoreo de la Efectividad de las Estructuras de Cruce Construidas.	50
Indicador 1: Número promedio de cruces por periodos de 45 días (especies en conjunto e individualmente).....	50
BIBLIOGRAFÍA	52
APÉNDICE.....	54
REGISTRO FOTOGRÁFICO.....	56

RESUMEN EJECUTIVO

Durante el año 2024, el monitoreo de estructuras de cruce subterráneas de fauna reveló una mayor actividad de cruces exitosos durante la estación seca, con disminuciones marcadas en la estación lluviosa. Esta tendencia sugiere una relación directa con la estacionalidad de los recursos y las condiciones del entorno. Aunque las estructuras cumplen una función clave en la conectividad del paisaje, se recomienda continuar con el monitoreo para evaluar factores adicionales que podrían estar limitando o favoreciendo su uso. A nivel específico, *Cuniculus paca* fue la especie más registrada en cruces exitosos, particularmente en las estructuras **B-CFS-06**, **B-CFS-01** y **B-CFS-04**. Sin embargo, las pruebas estadísticas no mostraron diferencias significativas entre las estructuras y los puntos aleatorios. De las 15 especies registradas en las cámaras colocadas en entradas de estructuras subterráneas, solo seis realizaron cruces exitosos, lo que destaca que estas infraestructuras benefician a una fracción específica de la comunidad. En términos de actividad general en cámara trampa, se observaron 604 eventos en estructuras durante la estación seca, con un 56% correspondientes a *Cuniculus paca*. En contraste, los puntos aleatorios mostraron escasa actividad, aunque especies como *Tapirus bairdii* y *Leopardus pardalis* fueron registradas. En la estación lluviosa, los registros disminuyeron en ambos tipos de ubicación. No se hallaron diferencias significativas entre estructuras y puntos aleatorios, lo cual evidencia que el uso de las estructuras está influido por condiciones ambientales más que por preferencia estructural.

Diversidad de Especies-2024

En total, se registran 15 especies en las cámaras instaladas en las entradas de las estructuras de cruce de fauna, en el periodo 2024. Seis de estas especies realizaron cruces exitosos, destacándose: *Cuniculus paca* (EdI), *Dasyprocta punctata*, *Procyon cancrivorus*, *Procyon lotor* y *Tapirus bairdii* (EdI). Adicional, se observaron registros de acercamiento a una de las dos entradas de los cruces, las siguientes especies: *Dasypus novemcinctus*, *Didelphis marsupialis*, *Eira barbara*, *Herpailurus yagouaroundi*, *Hoplomys gymnurus*, *Leopardus pardalis*, *Nasua narica*, *Pecari tajacu*, *Philander opossum*, *Sylvilagus gabbi*.

Análisis 2015-2024

Durante el periodo de 2015 a 2024, se han registrado 32 especies de mamíferos mediante cámaras trampa, pero solo 13 usaron efectivamente las estructuras de cruce. Las especies más frecuentes fueron *Cuniculus paca*, *Dasyprocta punctata*, *Tapirus bairdii*, *Sylvilagus gabbi* y *Procyon cancrivorus*. Se confirmó un mayor número de cruces exitosos en estación seca, aunque estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre estaciones.

Las estructuras **B-CFS-06**, **B-CFS-03** y **B-CFS-08** fueron las más utilizadas por la fauna, concentrando más del 60% de los cruces exitosos, principalmente por *Cuniculus paca*. Estructuras como **B-CFS-07** no registraron ningún cruce, lo que señala la necesidad de evaluar su funcionalidad.

El análisis temporal mostró un aumento general en cruces y riqueza de especies, con picos en 2020, 2021 y 2023, reflejando posiblemente mejoras en el diseño estructural o en la cobertura vegetal circundante. Sin embargo, también se observaron fluctuaciones anuales atribuibles a variabilidad climática, presión antrópica o esfuerzo de monitoreo.

El análisis espacial mediante mapas de calor identificó a B-CFS-002, B-CFS-03 , B-CFS-04 y B-CFS-10a como las más efectivas ecológicamente. La estructura **B-CFS-06** no solo mostró el mayor número de cruces, sino también una alta diversidad de especies, lo que la posiciona como un punto clave de conectividad. En contraste, **B-CFS-07**, sin registros de cruce, refleja limitaciones posiblemente ligadas a ubicación o diseño.

INTRODUCCIÓN

El Distrito de Donoso, alberga uno de los bosques menos estudiados del país, bosques muy importantes para el Corredor Biológico Mesoamericano (CBM), que a pesar de la fragmentación debido a procesos de colonización desordenada y por encontrarse cercanos al Parque Nacional General de División Omar Torrijos Herrera, en la Provincia de Coclé y al Parque Nacional Santa Fe, en la Provincia de Veraguas; en conjunto forman lo que se denomina “El Corredor del Jaguar”.

Minera Panamá ha realizado diversos estudios con cámaras trampa, en el área de Donoso, desde el año 2011, registrando con ellas mamíferos considerados como Especies de Interés (EdI) del Proyecto Cobre Panamá, así como otras especies de gran importancia ecológica como la oncilla (*Leopardus tigrinus*), el perrito de monte (*Speothos venaticus*) y el puerco de monte (*Tayassu pecari*), sobre el trazado de la carretera que une actualmente a las instalaciones principales del proyecto Cobre Panamá con la instalaciones del Puerto en Punta Rincón (en la Costa del Caribe).

Durante la construcción de la carretera a la costa, se instalaron estructuras de Cruce de Fauna, utilizando la información proveniente de los estudios con cámaras trampa realizados entre los años 2012 y 2013; en el 2015-2016 se inició el monitoreo para evaluar la efectividad de estos Cruces de Fauna (año I). Estos monitoreos han continuado en el año 2017-2018 (año II), en el año 2018-2019 (año III), en el año 2019 (año IV), en el año 2020 (año V), en el año 2021 (año VI), en el año 2022 (año VII), en el año 2023 (año VIII) y actualmente se presenta la data de la estación seca y lluviosa del año 2024 (año IX).

El presente informe integra la metodología y el análisis de resultados de los principales indicadores de efectividad, incluyendo la evolución temporal del uso de las estructuras de cruce, la diversidad de especies detectadas y los patrones de cruces exitosos y no exitosos. Mediante análisis estadísticos y evaluación de tendencias, se presenta una comparación progresiva de la funcionalidad y desempeño de las infraestructuras durante los nueve años de monitoreo (2015–2024).

OBJETIVOS

- Evaluar las tasas globales del paso de animales a través de los Cruces de Fauna tanto en la estación seca como en la lluviosa.
- Determinar si los animales muestran una frecuencia de cruce más alta de lo esperado en los sitios en dónde se han instalados las estructuras para Cruce de Fauna.
- Determinar si los animales están utilizando las estructuras para cruce y si los patrones de uso están cambiando con el paso del tiempo.
- Identificar las especies que hace uso de los Cruces de Fauna, su estacionalidad y la variación diaria en su uso.

METODOLOGÍA

Monitoreo de los Sitios de Cruce de Fauna

Para monitorear el paso de animales por las estructuras construidas para su cruce, se utilizan cámaras trampa junto con trampas de lodo. Estas herramientas permiten evaluar la efectividad de los pasos de fauna, ya que registran el paso de especies sin interferir directamente con su comportamiento.

Sin embargo, durante esta etapa del proyecto Cobre Panamá específicamente en la *Fase de Preservación y Gestión Segura* no se aplicó la metodología de trampas de lodo. Esta técnica mostró una baja cantidad de huellas o rastros, en años anteriores cuando se aplicó, que podría estar relacionado con la presencia continua de personal en los túneles, quienes deben revisar y ajustar las trampas diariamente durante un período de 45 días, como establece la metodología.

Esta observación será analizada para determinar si la actividad humana está afectando los resultados del monitoreo. La intención es evaluar si existen diferencias significativas en los registros obtenidos cuando se reintroduzca esta metodología en campo, considerando que la presencia humana puede alterar la conducta natural de la fauna.

Desde que comenzó el monitoreo en el año 2015 y hasta el 2019, se daba seguimiento a las nueve estructuras subterráneas, de 2.4 m de diámetro, construidas para el paso de fauna, además de nueve puntos de control ubicados aleatoriamente, sobre la carretera, a lo largo del camino hacia la costa. En el año 2020, se sumaron dos nuevas estaciones de monitoreo: dos alcantarillas diseñadas originalmente para el manejo del agua, pero que, por su ubicación estratégica y por cumplir con las dimensiones mínimas necesarias, también pueden funcionar como pasos de fauna. Estas nuevas estructuras fueron incorporadas al sistema de monitoreo y codificadas como B-CFS-10A y B-CFS-11B (ver tabla N°1).

Dentro del EIA se menciona que estas alcantarillas también podrían ser utilizadas en su momento como pasos de fauna, con la incorporación de estas dos estructuras dentro del monitoreo se pretende verificar o comprobar esta información.

En cada estación se instalaron cuatro cámaras trampa (dos a cada lado de la estructura) izquierda (este) y derecha (oeste) (ver tabla N°1).

El objetivo de este componente del programa de monitoreo no es ver directamente la efectividad de las estructuras construidas para Cruce de Fauna, sino determinar si los animales demuestran una frecuencia de cruce más alta de lo esperado, en los sitios donde se han instalado estas estructuras. Esto confirmará, si la construcción de la carretera no ha producido cambios en los lugares preferidos para cruce, identificados a lo largo de la carretera, en las campañas previas de cámaras trampas (2012 y 2013).

Instalación de las Cámaras Trampas

El programa anual de monitoreo de pasos de fauna con cámara trampa incluye ocho ciclos de recopilación de data, cada ciclo dura 45 días; cuatro de estos ciclos corresponde al monitoreo de la estación seca y cuatro a la estación lluviosa. En el 2024 el periodo de la estación seca incluye la data obtenida desde el 1 de enero hasta el 28 de junio de 2024, mientras que el periodo de la estación lluviosa incluye la data en campo desde el 29 de junio al 26 de diciembre del 2024.

En total se instalaron 88 trampas cámaras en 22 estaciones de monitoreo (11 estaciones en las estructuras de paso subterráneos y 11 en los puntos aleatorios a los lados de la carretera).

En la Tabla N°1 se muestran las coordenadas de las 11 estructuras subterráneas de cruce de fauna, y en la Tabla No. 2 las coordenadas de los 11 puntos aleatorios, monitoreados sobre la carretera a la Costa del Caribe. En ellas se instalaron un total de 44 cámaras trampa (modelo Cuddeback Black Flash E3, modelo Cuddeback Long Range IR X-Change Color Model 1279); en cada estructura de cruce de fauna se instalaron dos cámaras a cada lado de la estructura de paso (se colocaron 4 cámaras trampa por estación o sitio monitoreado). Las cámaras fueron programadas para realizar tomas cada cinco segundos cuando ellas son activadas por el movimiento de un animal. La altura y distancia de la trampa cámara a la estructura varía según la topografía del sitio.

La disposición y ángulo de las cámaras trampas ha sido establecido para que la cámara capture fotos de entrada-salida del animal por la estructura de cruce de fauna, y también registren los acercamientos del animal a la estructura de cruce de fauna.

Para efecto de los análisis estadísticos y los respectivos índices, se consideran dos tipos de eventos, el primero es cuando el animal es registrado por las cámaras tanto en el lado izquierdo (este) como en el derecho (oeste), a este dato se le considera como *cruce exitoso*. Por otro lado, si el animal sólo llega o se aproxima a una de las entradas de la estructura de cruce, se considera como *cruce no exitoso*.

Se espera que con el tiempo los índices de cruces exitoso sean mayores a los de cruces no exitosos tanto a nivel de especies en conjunto, como a nivel de especie.

Tabla N° 1. Coordenadas de la ubicación de las cámaras trampas en las 11 estaciones que presentaban estructuras de Cruce fauna.

Sitio	Coordenadas UTM (WGS84)	Kilometraje sobre la carretera
B-CFS-01	17 P 0533704 0994208	2K +885
	17 P 0533683 0994166	
B-CFS-02	17 P 0533035 0994039	3k +575
	17 P 0533032 0994005	
B-CFS-03	17 P 0532548 0993790	4K+125
	17 P 0532570 0993769	
B-CFS-04	17 P 0532470 0993535	4K+375
	17 P 0532502 0993551	
B-CFS-05	17 P 0532231 0992494	5K+480
	17 P 0532263 0992477	
B-CFS-06	17 P 0533726 0988517	10k+325
	17 P 0533765 0988529	
B-CFS-07	17 P 0533840 0987764	11K+125
	17 P 0533811 0987770	
B-CFS-08	17 P 0535464 0986158	13K+730
	17 P 0535423 0986182	
B-CFS-09	17 P 0538132 0984314	17K+525
	17 P 0538172 0984337	
B-CFS-10A	17 P 0533035 0994039	3k +500
	17 P 0533032 0994005	
B-CFS-11B	17 P 0532676 0990841	7k+375
	17 P 0532681 0990830	

Fuente: Base de Datos BCG Panamá- Minera Panamá 2024- B: Biodiversidad; C: cruce; F: fauna; S: subterráneo

Tabla N° 2. Coordenadas de la ubicación de las cámaras trampas en los puntos aleatorios.

Sitio	Coordenadas UTM (WGS84)	Kilometraje sobre la carretera
B-CFA-01	17 P 533935 994329	2k+625
B-CFA-02	17 P 532389 992743	5k+030
B-CFA-03	17 P 532217 991903	6k+075
B-CFA-04	17 P 532470 990920	7k+00
B-CFA-05	17 P 533453 989870	8k+740
B-CFA-06	17 P 533771 988103	10k+825
B-CFA-07	17 P 534634 987258	12k+00
B-CFA-08	17 P 535348 986864	13k+00
B-CFA-09	17 P 536449 986038	15k+00
B-CFA-10	17 P 537468 985042	16k+500
B-CFA-11	17 P 537821 984526	17k+175

Fuente: Base de Datos BCG Panamá- Minera Panamá 2024- B: Biodiversidad; C: cruce; F: fauna;
A: Aleatorio

Monitoreo de la Efectividad de las Estructuras de Cruce Construidas

Se está monitoreando el uso de las estructuras construidas para el cruce de la fauna, utilizando cámaras trampa. Las cámaras se montaron en ambos extremos de cada una de las estructuras de cruce de fauna, con el fin de distinguir entre un animal que cruza completamente la estructura, versus los que entran a la estructura, pero no completan el cruce. Por esa razón las cámaras se colocaron apuntando en direcciones opuestas con el fin de tomar fotografías de ambos lados de los animales, lo cual facilita la identificación de animales individuales de ciertas especies. A las cámaras trampa se les descargaron los datos y se les cambió baterías, cada 45 días, que es el ciclo para realizar los análisis de los indicadores.

La información obtenida de este componente del programa de monitoreo, se utiliza para determinar si los animales están usando las estructuras para cruce y si los patrones de uso están cambiando con el paso del tiempo.

Indicadores

- Número promedio de cruces por un periodo de 45 días (especies en conjunto e individualmente).
- Relación promedio del éxito de cruces por un periodo de 45 días (número de cruces exitosos/número total de intentos ya sean exitosos e infructuosos) por especies en conjunto e individualmente.

RESULTADOS

Monitoreo de los Sitios de Cruce de Fauna

Los resultados de este monitoreo corresponden a los datos obtenidos desde enero a diciembre del 2024 periodo que correspondiente a la estación seca y lluviosa.

Para efecto de los análisis estadísticos y los respectivos índices, se consideran dos tipos de eventos, el primero es cuando el animal es registrado por las cámaras tanto en el lado izquierdo (este) como en el derecho (oeste), a este dato se le considera como *cruce exitoso*. Por otro lado, si el animal sólo llega o se aproxima a una de las entradas de la estructura de cruce, se considera como *cruce no exitoso*.

Indicador 1: El total de cruces (todas las especies en conjunto y cada especie individualmente) ¿es significativamente mayor en las proximidades de estructuras para Cruce de Fauna, ¿qué en ubicaciones al azar (prueba “t”)?

Especies en conjunto

La prueba $P(T \leq t)$ de dos muestras suponiendo varianzas desiguales nos indica, que si el estadístico es $(P > 0.05)$ suponemos que no existe una diferencia significativa en el número de cruces entre estructuras de cruces de fauna y las ubicaciones al azar. Cuando $(P < 0.05)$ encontramos que existe una diferencia significativa marcada.

Estación Seca

Para las especies en conjunto dentro de los resultados de la época seca 2024 la prueba “t” indica que no existe diferencia significativa $(P > 0.05)$, para el conjunto de especies de cruces entre estructuras de cruces de fauna y las ubicaciones al azar, $P(T \leq t) = (0.07)$ (ver tabla N° 3).

Los resultados obtenidos $(P > 0.07)$ no evidencian diferencias estadísticamente significativas entre la cantidad de cruces en las estructuras de fauna y las ubicaciones al azar. Esto sugiere que el patrón de cruce es similar en ambos tipos de sitios. No se encontró evidencia suficiente para afirmar un uso diferenciado. Por lo tanto, las estructuras evaluadas no muestran una preferencia clara por parte de la fauna en la estación seca 2024.

Tabla N°3. Resultado de la prueba “t”, realizada al número de cruces de todas las especies en conjunto (Total), durante de la estación seca del 2024, utilizando la data de las estructuras para cruce de fauna y de las ubicaciones al azar.

Todas las especies en Conjunto		
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales		
	Estructura de Cruce de Fauna.	Puntos aleatorios
Media	6.36364	0
Varianza	106.455	0
Observaciones	11	11
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	10	
Estadístico t	2.04559	
P(T<=t) una cola	0.03400	
Valor crítico de t (una cola)	1.81246	
P(T<=t) dos colas	0.07	
	2.22814	
Valor crítico de t (dos colas)		

Fuente: Base de Datos BCG Panamá-Minera Panamá 2024

Estación Lluviosa

Para las especies en conjunto dentro de los resultados de la época lluviosa 2024 la prueba “t” indica que no existe diferencia significativa ($P < 0.05$), para el conjunto de especies de cruces entre estructuras de cruces de fauna y las ubicaciones al azar, $P(T \leq t) = (0.34)$ (ver Tabla N°4).

Los resultados obtenidos ($P > 0.34$) no evidencian diferencias estadísticamente significativas entre la cantidad de cruces en las estructuras de fauna y las ubicaciones al azar. Esto sugiere que el patrón de cruce es similar en ambos tipos de sitios. No se encontró evidencia suficiente para afirmar un uso diferenciado. Por lo tanto, las estructuras evaluadas no muestran una preferencia clara por parte de la fauna en la estación lluviosa 2024.

Tabla N°4. Resultado de la prueba “t”, realizada al número de cruces de todas las especies en conjunto (Total), durante de la estación lluviosa del 2024, utilizando la data de las estructuras para cruce de fauna y de las ubicaciones al azar.

Todas las especies en Conjunto		
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales		
	Estructura de Cruce de Fauna	Puntos aleatorios
Media	0.090909	0
Varianza	0.090909	0
Observaciones	11	11
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	10	
Estadístico t	1	
P(T<=t) una cola	0.17045	
Valor crítico de t (una cola)	1.81246	
P(T<=t) dos colas	0.34	
Valor crítico de t (dos colas)	2.22814	

Fuente: Base de Datos BCG Panamá-Minera Panamá 2024

Para los datos registrados en 2024, tanto en la estación seca como en la lluviosa, se observó que los eventos de cruce exitosos, considerando todas las especies en conjunto, no presentan diferencias estadísticamente significativas entre las estructuras de cruce de fauna y las ubicaciones al azar ($P > 0.05$). Esto indica que el uso de las estructuras por parte de la fauna fue similar al de los sitios aleatorios, sin evidenciar una preferencia marcada.

La prueba, $P(T \leq t)$ para las ambas estaciones nos demuestra que los resultados están justificados estadísticamente ($P < 0.05$) y que no responden a un evento aleatorio.

Durante el periodo de monitoreo 2024, la estructura de cruce de fauna B-CFS-06 registró la mayor actividad, con un total de 30 eventos de cruce exitosos, lo que representa el 42 % del total. Le siguió la estructura B-CFS-01 con 23 eventos (32 %), y posteriormente B-CFS-04 con ocho eventos (11 %). Este patrón sugiere una mayor efectividad y uso de la estructura B-CFS-06 por parte de la fauna silvestre para este año de monitoreo.

Tabla N°5. Número de cruces, de todas las especies en conjunto (Total) y cada especie individualmente, obtenidos durante el monitoreo 2024 (estación seca y lluviosa), con la data de las estructuras para cruce de fauna.

Estación de Cámara Trampa Estructura de Cruce de Fauna.	ESPECIES REGISTRADAS (2025)														
	Total, general	<i>Cuniculus paca</i>	<i>Dasyprocta punctata</i>	<i>Dasyprocta novemcinctus</i>	<i>Didelphis marsupialis</i>	<i>Eira barbara</i>	<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	<i>Hoplomys gymmurus</i>	<i>Leopardus pardalis</i>	<i>Nasua narica</i>	<i>Pecari tajacu</i>	<i>Philander opossum</i>	<i>Procyon cancrivorus</i>	<i>Procyon lotor</i>	<i>Sylvilagus gabbi</i>
B-CFS-01	23	22	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B-CFS-02	5	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B-CFS-03	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
B-CFS-04	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B-CFS-05	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B-CFS-06	30	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0
B-CFS-07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B-CFS-08	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B-CFS-09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B-CFS-10A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B-CFS-11B	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Total, de cruce Exitoso	71	60	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0

Fuente: Base de Datos BCG Panamá- Minera Panamá 2024- B: Biodiversidad; C: cruce; F: fauna; S: subterráneo.

Tabla N°6. Número de cruces, de todas las especies en conjunto (Total) y cada especie individualmente, obtenidos durante el monitoreo 2024, con la data de los puntos aleatorios (estación seca y lluviosa).

Estación de Cámara Trampa Puntos Aleatorios	ESPECIES REGISTRADAS	
	Total, de Eventos	No se Registran cruce exitoso
B-CFA-01	0	0
B-CFA-02	0	0
B-CFA-03	0	0
B-CFA-04	0	0
B-CFA-05	0	0
B-CFA-06	0	0
B-CFA-07	0	0
B-CFA-08	0	0
B-CFA-09	0	0
B-CFA-10 ^a	0	0
B-CFA-11b	0	0
Suma de Total de cruce Exitoso	0	0

Fuente: Base de Datos BCG Panamá- Minera Panamá 2024- B: Biodiversidad; C: cruce;
F: fauna; A: Aleatorio

La Tabla N°7 muestra los resultados de la prueba “t”, $P(T \leq t)$ para determinar si existe una diferencia significativa entre la estación seca y la estación lluviosa. La prueba “t” indica que no existe diferencia significativa ($P > 0.05$), para el conjunto de especies de cruces entre los datos de la estación lluviosa y seca **$P(T \leq t) = (0.07)$** .

Tabla N°7. Resultado de la prueba “t”, realizada al número de cruces de todas las especies en conjunto (Total), durante de la estación seca y lluviosa del 2024, utilizando la data de las estructuras para cruce de fauna.

Todas las especies en Conjunto 2024		
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales		
	Seca	Lluviosa
Media	6.363636	0.0909091
Varianza	106.4545	0.0909091
Observaciones	11	11
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	10	
Estadístico t	2.015512	
$P(T \leq t)$ una cola	0.035757	
Valor crítico de t (una cola)	1.812461	
$P(T \leq t)$ dos colas	0.07	
Valor crítico de t (dos colas)	2.228139	

Fuente: Base de Datos BCG Panamá-Minera Panamá 2024

Tabla N°8. Registro de Eventos de cruces exitosos para la estación seca y lluviosa en las estructuras de cruce de fauna 2024 para las especies en conjunto.

Registro de eventos de cruces exitosos para ambas estaciones seca y lluviosa 2024. Para las estructuras de cruce de fauna.			
Estructura de cruce de fauna	Estación Seca 2024	Estación Lluviosa 2024	Total
B-CFS-01	23	0	23
B-CFS-02	5	0	5
B-CFS-03	1	0	1
B-CFS-04	7	1	8
B-CFS-05	1	0	1
B-CFS-06	30	0	30
B-CFS-07	0	0	0
B-CFS-08	1	0	1
B-CFS-09	0	0	0
B-CFS-10A	0	0	0
B-CFS-11B	2	0	2
Total, de cruce Exitoso	70	1	71

Fuente: Base de Datos BCG Panamá- Minera Panamá 2024- B: Biodiversidad; P: cruce; F: fauna; S: subterráneo

Especies individualmente

Para este periodo de reporte (2024) la especie *Cuniculus paca* registro 60 eventos de cruces exitosos en las estructuras de cruce de fauna (ver Tabla N°5). Obteniendo para este periodo más frecuencia de uso en las siguientes estructuras: **B-CFS-06** con 27 eventos de cruces exitosos y 22 eventos en la estructura **B-CFS-01** y ocho eventos en la estructura **B-CFS-04**. Las especies *Dasyprocta punctata* registro cinco eventos de cruces exitosos, las especies *Procyon cancrivorus*; *Procyon lotor* y *Tapirus bairdii* registraron dos eventos de cruces exitosos respectivamente.

En los puntos aleatorios para este periodo no se registran datos o eventos de cruces exitoso (Tabla N°6).

La especie *Cuniculus paca* registró 60 cruces exitosos durante el periodo de monitoreo 2024, para el análisis de la prueba “t”, realizadas a especie individualmente, no existe una diferencia significativa en el número de cruces entre estructuras y las ubicaciones al azar ($P > 0.05$), en la estación seca. **P(T<=t) dos colas (0.09)** no existe variación significativa en los resultados obtenidos para la estación seca y lluviosa 2024 (ver tabla N° 9).

Tabla N°9. Resultado de la prueba “t”, realizada al número de cruces de especies individualmente (*Cuniculus paca*) durante de la estación seca del 2024, utilizando la data de las estructuras para cruce de fauna y de las ubicaciones al azar.

<i>Cuniculus paca</i> estación Seca 2024		
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales		
	<i>Cuniculus paca</i>	puntos aleatorios
Media	5.45455	0
Varianza	95.2727	0
Observaciones	11	11
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	10	
Estadístico t	1.85341	
P(T<=t) una cola	0.04676	
Valor crítico de t (una cola)	1.81246	
P(T<=t) dos colas	0.09	
Valor crítico de t (dos colas)	2.22814	

Fuente: Base de Datos BCG Panamá- Minera Panamá 2024

En total se registran 15 especies en las cámaras en las entradas de las estructuras de cruce de fauna para el periodo 2024 (*Cuniculus paca*, *Dasyprocta punctata*, *Dasypus novemcinctus*, *Didelphis marsupialis*, *Eira barbara*, *Herpailurus yagouaroundi*, *Hoplomys gymnurus*, *Leopardus pardalis*, *Nasua narica*, *Pecari tajacu*, *Philander opossum*, *Procyon cancrivorus*, *Procyon lotor*, *Sylvilagus gabbi*, *Tapirus bairdii*.) De las cuales seis presentan eventos de cruces exitosos (*Cuniculus paca*, *Dasyprocta punctata*, *Leopardus pardalis* *Procyon cancrivorus*, *Procyon lotor* y *Tapirus bairdii*).

Indicador 2: Relación de capturas de la cámara trampa (ubicaciones de las estructuras para cruce/ubicaciones al azar) para especies en conjunto y para especies individualmente.

Este indicador se basa en el análisis de los eventos registrados por las cámaras trampa, considerando aquellos registros que documentan tanto cruces exitosos como no exitosos. Se entiende por cruce exitoso el evento en el que un individuo de fauna atraviesa completamente la estructura de cruce, desde un extremo hasta el otro, mientras que un cruce no exitoso corresponde a un intento de ingreso sin que se concrete el paso total (por ejemplo, cuando el animal se aproxima, pero se retira sin cruzar). Estos eventos se analizan tanto en conjunto para todas las especies como de forma individual por especie, considerando tanto las estructuras de cruce de fauna como los sitios ubicados en los puntos aleatorios.

Estación Seca

En la Tabla N° 10 se observa que hay 15 especies de mamíferos capturadas en las cámaras trampas, en las entradas de las estructuras de cruce de fauna (*Cuniculus paca*; *Dasyprocta punctata*; *Dasypus novemcinctus*; *Didelphis marsupialis*; *Eira barbara*; *Herpailurus yagouaroundi*; *Hoplomys gymnurus*; *Leopardus pardalis*; *Nasua narica*; *Pecari tajacu*; *Philander opossum*; *Procyon cancrivorus*; *Procyon lotor*; *Sylvilagus gabbi*; *Tapirus bairdii*).

En los sitios que presentan estructuras para cruce de fauna subterráneos, durante la estación seca, se registran 604 capturas o eventos por las cámaras trampa (Gráfica N°1), de los cuales 340 de ellos corresponden a la especie *Cuniculus paca* que representa el 56 % de los registros fotográficos obtenidos, en las capturas de las cámaras trampa.

Para los registros de los puntos aleatorios en la Tabla N°8 se observa que seis especies de mamíferos son capturados en las cámaras trampa (*Cuniculus paca*; *Leopardus pardalis*; *Panthera onca*; *Pecari tajacu*; *Procyon lotor*; *Tapirus bairdii*).

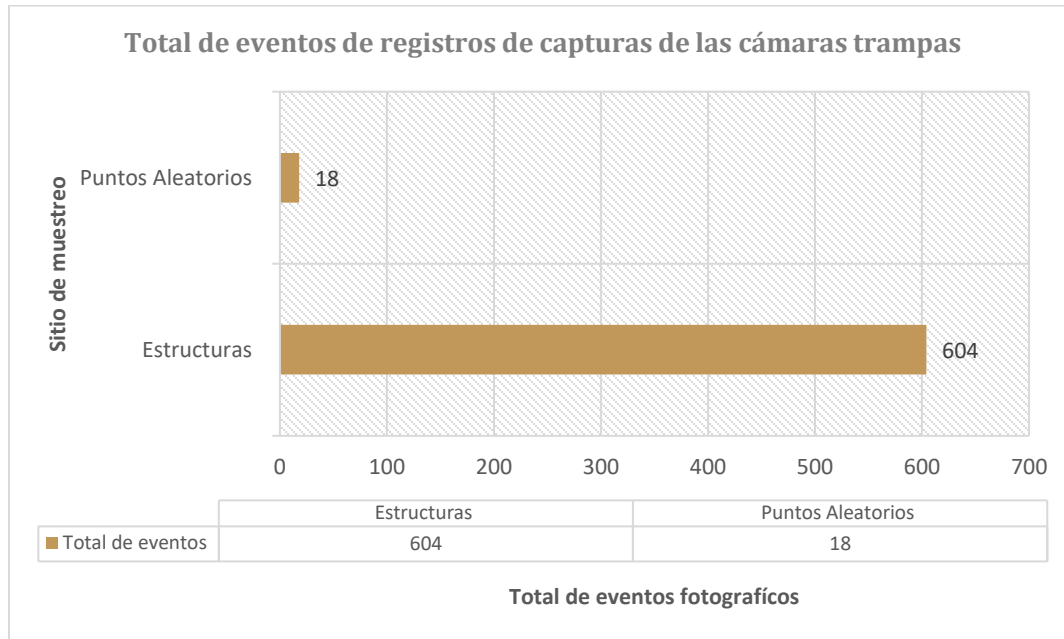
En los sitios que presentan ubicaciones de puntos aleatorios, se obtuvo en total 18 registros fotográficos (Gráfica N°1), la mayor parte de ellos corresponden a las especies *Tapirus bairdii* (7) que representa el 39 %.

Tabla N°10 Data de los individuos por especie que fueron capturados a través de las cámaras trampa en las 11 estaciones colocadas en los sitios donde hay estructuras para cruce de fauna, de la estación seca.

ESTRUCTURAS DE CRUCES DE FAUNA													
Especie		B-CFS-01	B-CFS-02	B-CFS-03	B-CFS-04	B-CFS-05	B-CFS-06	B-CFS-07	B-CFS-08	B-CFS-09	B-CFS-10A	B-CFS-11B	Número de Registros
1	<i>Cuniculus paca</i>	61	41	28	28	9	54	0	32	2	79	6	340
2	<i>Dasyprocta punctata</i>	10	88	1	9	1	1	0	12	6	36	0	164
3	<i>Dasypus novemcinctus</i>	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
4	<i>Didelphis marsupialis</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
5	<i>Eira barbara</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4
6	<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7	<i>Hoplomys gymnurus</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	4	0	6
8	<i>Leopardus pardalis</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	3
9	<i>Nasua narica</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
10	<i>Pecari tajacu</i>	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
11	<i>Philander opossum</i>	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	9
12	<i>Procyon cancrivorus</i>	7	2	0	0	0	9	0	1	0	0	0	19
13	<i>Procyon lotor</i>	3	0	1	0	0	3	0	0	1	1	0	9
14	<i>Sylvilagus gabbi</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2
15	<i>Tapirus bairdii</i>	2	0	1	2	0	1	0	7	0	0	22	35
Total, general		91	139	31	43	10	78	0	52	11	121	28	604

Fuente: Base de Datos BCG Panamá- Minera Panamá 2024- B: Biodiversidad; C: cruce; F: fauna; S: subterránea

Gráfica N°1. Total, de Eventos de las especies capturadas en las cámaras trampa. Estación Seca 2024



Fuente: Base de Datos BCG Panamá- Minera Panamá 2024

Para los registros fotográficos de los puntos aleatorios en la Tabla N°11 se observa que seis especies de mamíferos son capturados en las cámaras trampa (*Cuniculus paca*; *Leopardus pardalis*; *Panthera onca*; *Pecari tajacu*; *Procyon lotor* y *Tapirus bairdii*).

En los puntos aleatorios, se obtuvo en total 18 registros fotográficos, con fauna presente (Gráfica N°1), la mayor parte de ellos corresponden a las especies *Tapirus bairdii* (7) que representa el 38 % de los registros y *Leopardus pardalis* (6) que representa el 33 % de los registros.

Tabla N°11. Data de los individuos por especie que fueron capturados a través de las cámaras trampa en las 11 estaciones colocadas en los sitios donde hay Puntos Aleatorios, durante la estación seca.

PUNTOS ALEATORIOS													
Especie		B-CFA01	B-CFA02	B-CFA03	B-CFA04	B-CFA05	B-CFA06	B-CFA07	B-CFA08	B-CFA09	B-CFA10a	B-CFA11b	Número de Registros
1	<i>Cuniculus paca</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	<i>Leopardus pardalis</i>	2	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	6
3	<i>Panthera onca</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
4	<i>Pecari tajacu</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
5	<i>Procyon lotor</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
6	<i>Tapirus bairdii</i>	2	0	0	3	1	1	0	0	0	0	0	7
Total, general		7	0	3	3	1	1	1	0	2	0	0	18

Fuente: Base de Datos BCG Panamá- Minera Panamá 2024 B: Biodiversidad; C: cruce; F: fauna; A: aleatorio

La prueba “t” indica que no existe una diferencia significativa en el número de registros de capturas de cámaras trampa entre estructuras de cruces de fauna y las ubicaciones al azar ($P > 0.05$), para el conjunto de especies, durante la época seca.

P($T \leq t$) dos colas (0.14) no existe variación significativa en los resultados obtenidos para la estación seca 2024 (ver Tabla N°12).

Tabla N°12 Resultado de la prueba “t”, realizada al número de capturas de todas las especies en conjunto (Total), durante de la estación seca del 2024, utilizando la data de las estructuras para cruce de fauna y de las ubicaciones aleatorias.

Todas las Especies en Conjunto			
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales			
	Estructuras	Puntos Aleatorios	
Media	40.26667		2.4
Varianza	8574.210		23.5429
Observaciones	15		15
Diferencia hipotética de las medias	0		
Grados de libertad	14		
Estadístico t	1.581649		
P($T \leq t$) una cola	0.068026		
Valor crítico de t (una cola)	1.761310		
P($T \leq t$) dos colas	0.14		
Valor crítico de t (dos colas)	2.144787		

Fuente: Base de Datos BCG Panamá- Minera Panamá 2024

Estación lluviosa

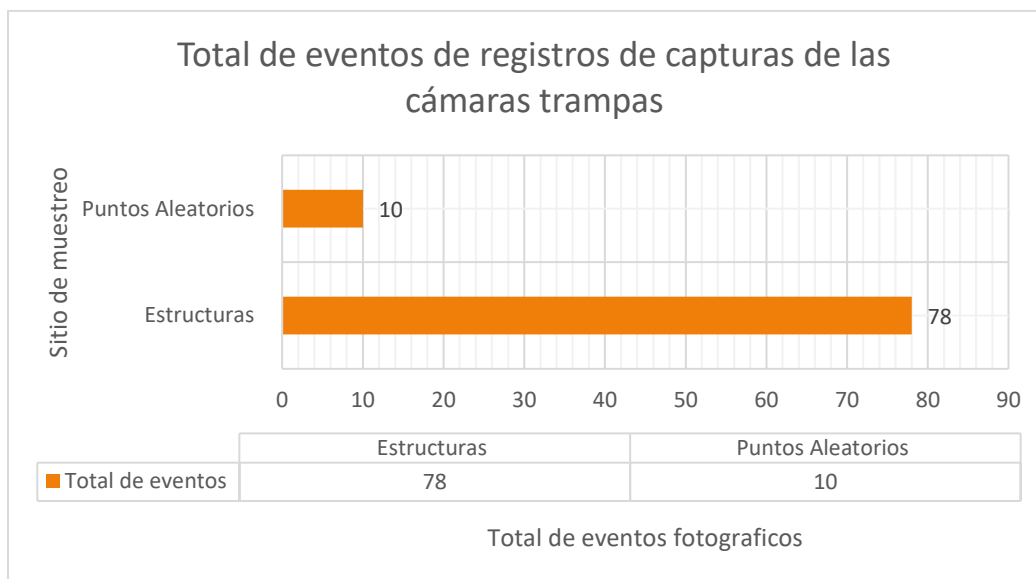
En la Tabla N°13 se observa que hay siete especies de mamíferos capturados en las cámaras trampa, en las entradas de las estructuras de cruce de fauna (*Cuniculus paca*; *Dasyprocta punctata*; *Dasyurus novemcinctus*; *Hoplomys gymnurus*; *Leopardus pardalis*; *Procyon cancrivorus*; y *Tapirus bairdii*).

En los sitios que presentan estructuras para cruce de fauna, durante la estación lluviosa. Se registran 78 capturas o eventos de cámaras trampa (Gráfica N°2), de los cuales 33 de ellos corresponden a la especie *Dasyprocta punctata* que representa el 42.3% de los registros obtenidos, en las capturas de las cámaras trampa.

Tabla N°13 Data de los individuos por especie que fueron capturados a través de las cámaras trampa en las 11 estaciones colocadas en los sitios donde hay estructuras para cruce de fauna, de la estación lluviosa.

ESTRUCTURAS DE CRUCES DE FAUNA- LLUVIOSA 2024													
Especie		B-CFS-01	B-CFS-02	B-CFS-03	B-CFS-04	B-CFS-05	B-CFS-06	B-CFS-07	B-CFS-08	B-CFS-09	B-CFS-10a	B-CFS-11b	Número de Registros
1	<i>Cuniculus paca</i>	2	22	1	2	1	0	0	0	0	2	0	30
2	<i>Dasyprocta punctata</i>	1	28	1	0	3	0	0	0	0	0	0	33
3	<i>Dasypus novemcinctus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
4	<i>Hoplomys gymnurus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
5	<i>Leopardus pardalis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
6	<i>Procyon cancrivorus</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
7	<i>Tapirus bairdii</i>	1	0	0	8	0	0	0	0	0	0	1	10
Total, general		5	51	2	12	5	0	0	0	0	2	1	78

Gráfica N°2. Total de Eventos de las especies capturadas en las cámaras trampa, Estación lluviosa de 2024



Fuente: Base de Datos BCG Panamá- Minera Panamá 2024

Para los registros de los puntos aleatorios (Tabla N°14) se observa que cuatro especies de mamíferos son capturados en las cámaras trampa (*Cuniculus paca*; *Didelphis marsupialis*; *Leopardus pardalis*; *Tapirus bairdii*).

En los sitios que presentan ubicaciones de puntos aleatorios, se obtuvo en total 10 registros, la mayor parte de ellos corresponden a las especies *Tapirus bairdii* con 7 registros que representan el 70 %.

Tabla N°14. Data de los individuos por especie que fueron capturados a través de las cámaras trampa en las 11 estaciones colocadas en los sitios donde hay Puntos Aleatorios, de la estación lluviosa.

PUNTOS ALEATORIOS													
Especie		B-CFA01	B-CFA02	B-CFA03	B-CFA04	B-CFA05	B-CFA06	B-CFA07	B-CFA08	B-CFA09	B-CFA10a	B-CFA11b	Número de Registros
1	<i>Cuniculus paca</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	<i>Didelphis marsupialis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
3	<i>Leopardus pardalis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
4	<i>Tapirus bairdii</i>	1	2	0	2	1	0	0	1	0	0	0	7
Total. general		2	3	0	2	2	0	0	1	0	0	0	10

Fuente: Base de Datos BCG Panamá- Minera Panamá 2024 B: Biodiversidad; C: cruce; F: fauna; A: aleatorio

La prueba “t” indica que no existe una diferencia significativa en el número de registros de capturas de cámaras trampa entre estructuras de cruces de fauna y las ubicaciones al azar ($P > 0.05$), para el conjunto de especies, durante la época lluviosa. **$P(T \leq t)$ dos colas (0.13)**, no existe variación significativa en los resultados obtenidos para la estación lluviosa 20234(ver Tabla N°15).

Tabla N°.15 Resultado de la prueba “t”, realizada al número de capturas de todas las especies en conjunto (Total), durante de la estación lluviosa del 2024, utilizando la data de las estructuras para cruce de fauna y de las ubicaciones aleatorias.

Todas las especies en conjunto		
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales		
	Estructura de Cruce de Fauna	Puntos aleatorios
Media	11.14	1.43
Varianza	204.5	6.29
Observaciones	7	7
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	1.77	
$P(T \leq t)$ una cola	0.064	
Valor crítico de t (una cola)	1.943	
$P(T \leq t)$ dos colas	0.13	
Valor crítico de t (dos colas)	2.45	

Fuente: Base de Datos BCG Panamá - Minera Panamá 2024

Monitoreo de la Efectividad de las Estructuras de Cruce Construidas

Los indicadores para el uso de las estructuras de Cruce de Fauna se calcularon para cada periodo de monitoreo, que es la frecuencia con que se visitan las cámaras para descargar datos y cambiar las baterías (cada 45 días).

Tabla N°16 Periodos y fechas de cada monitoreo (estación seca y lluviosa).

Periodos de Monitoreo	Fechas de Cada periodo	Estación
Periodo N°1	Del 1 de enero al 14 de febrero 2024	Estación Seca
Periodo N°2	Del 15 de febrero al 30 de marzo 2024	Estación Seca
Periodo N°3	Del 31 de marzo al 14 de mayo 2024	Estación Seca
Periodo N°4	Del 15 de mayo al 28 junio 2024	Estación Seca
Periodo N°5	Del 29 de junio al 12 de agosto 2024	Estación Lluviosa
Periodo N° 6	Del 13 de agosto al 26 septiembre 2024	Estación Lluviosa
Periodo N°7	Del 27 de septiembre al 11 de noviembre 2024	Estación Lluviosa
Periodo N°8	Del 12 de noviembre al 26 de diciembre 2024	Estación Lluviosa

Fuente: Base de Datos BCG Panamá- Minera Panamá 2024

No hay un objetivo a priori para el número de cruces de animales para cada periodo; la expectativa es que puede tomar un tiempo considerable para que los animales utilicen regularmente los cruces, por lo tanto, la tendencia debe ser que los índices aumenten con el paso del tiempo, para las especies en conjunto como las especies individuales.

Indicador 1: Número promedio de cruces por periodos de 45 días (especies en conjunto e individualmente).

Este indicador abarca el promedio de todas las especies en conjunto que presentaron cruces exitosos dentro de los ocho periodos (de 45 días) de la estación seca y lluviosa. En comparación con la efectividad de las 11 estructuras monitoreadas.

Para efecto de los análisis estadísticos y los respectivos índices, se consideran dos tipos de eventos, el primero es cuando el animal es registrado por las cámaras tanto en el lado izquierdo (este) como en el derecho (oeste), a este dato se le considera como *cruce exitoso*. Por otro lado, si el animal sólo llega o se aproxima a una de las entradas de la estructura de cruce, se considera como *cruce no exitoso*.

El promedio utilizado en este indicador representa la media de cruces exitosos realizados por todas las especies registradas en conjunto durante los ocho periodos de monitoreo, abarcando tanto la estación seca como la lluviosa. Cada periodo comprendió un intervalo continuo de 45 días, lo que permite estandarizar temporalmente los registros y hacer comparaciones consistentes. Este enfoque facilita una visión general del comportamiento de la fauna en relación con el uso de las estructuras de cruce, sin centrarse en especies específicas, y resalta tendencias generales en la funcionalidad de las infraestructuras.

Al considerar la efectividad de las 11 estructuras monitoreadas, este promedio se convierte en un valor representativo de desempeño global. Permite evaluar si, en conjunto, las estructuras están cumpliendo su propósito de facilitar el movimiento seguro de la fauna silvestre. Un promedio alto sugiere que las especies están utilizando activamente estas estructuras, lo que indica una buena integración funcional dentro del paisaje. Por el contrario, valores bajos o irregulares podrían reflejar deficiencias en diseño, ubicación, mantenimiento o posibles interferencias externas, como perturbación humana o cambios estacionales que influyen en el patrón de actividad de la fauna.

Especies en Conjunto

Durante la estación seca (periodos 1 al 4), se observaron variaciones notables en el promedio de cruces exitosos registrados en las 11 estructuras de paso de fauna. El mayor promedio se presentó en el periodo 2 con 2.73 cruces exitosos, seguido por el periodo 3 con 1.73 y el periodo 1 con 1.55. Sin embargo, en el periodo 4 se produjo una disminución considerable, con un promedio de solo 0.36 cruces. Esta disminución progresiva dentro de la estación seca podría estar relacionada con cambios en la actividad de la fauna debido a condiciones climáticas, disponibilidad de recursos o posibles interferencias antrópicas. (ver tabla N°18).

Al compararse con los valores registrados durante la estación lluviosa, se evidencia que, aunque los registros no son particularmente altos, la fauna tiende a utilizar las estructuras de manera más activa durante los primeros meses de la temporada seca, posiblemente por una mayor necesidad de desplazamiento ante la reducción de recursos en el entorno inmediato.

Durante la estación lluviosa (periodos 5 al 8), los cruces exitosos disminuyeron aún más, con valores cercanos o iguales a cero. En los periodos 5 y 6 no se registraron cruces, mientras que en el periodo 7 se detectó un valor bajo de 0.09 y en el periodo 8 no hubo ningún cruce exitoso.

Este descenso podría estar asociado a diversos factores ecológicos y operativos. La ausencia casi total de cruces en la estación lluviosa sugiere que, bajo las condiciones actuales, la

funcionalidad de las estructuras podría estar limitada en esta temporada, lo cual justifica una evaluación más detallada de su diseño, mantenimiento y contexto ambiental. En comparación con la estación seca, esta tendencia refuerza la hipótesis de que las condiciones estacionales influyen significativamente en el comportamiento de cruce de la fauna, y que la eficacia de las estructuras podría estar sujeta a factores externos temporales que deben ser monitoreados con mayor precisión.

Especies individuales

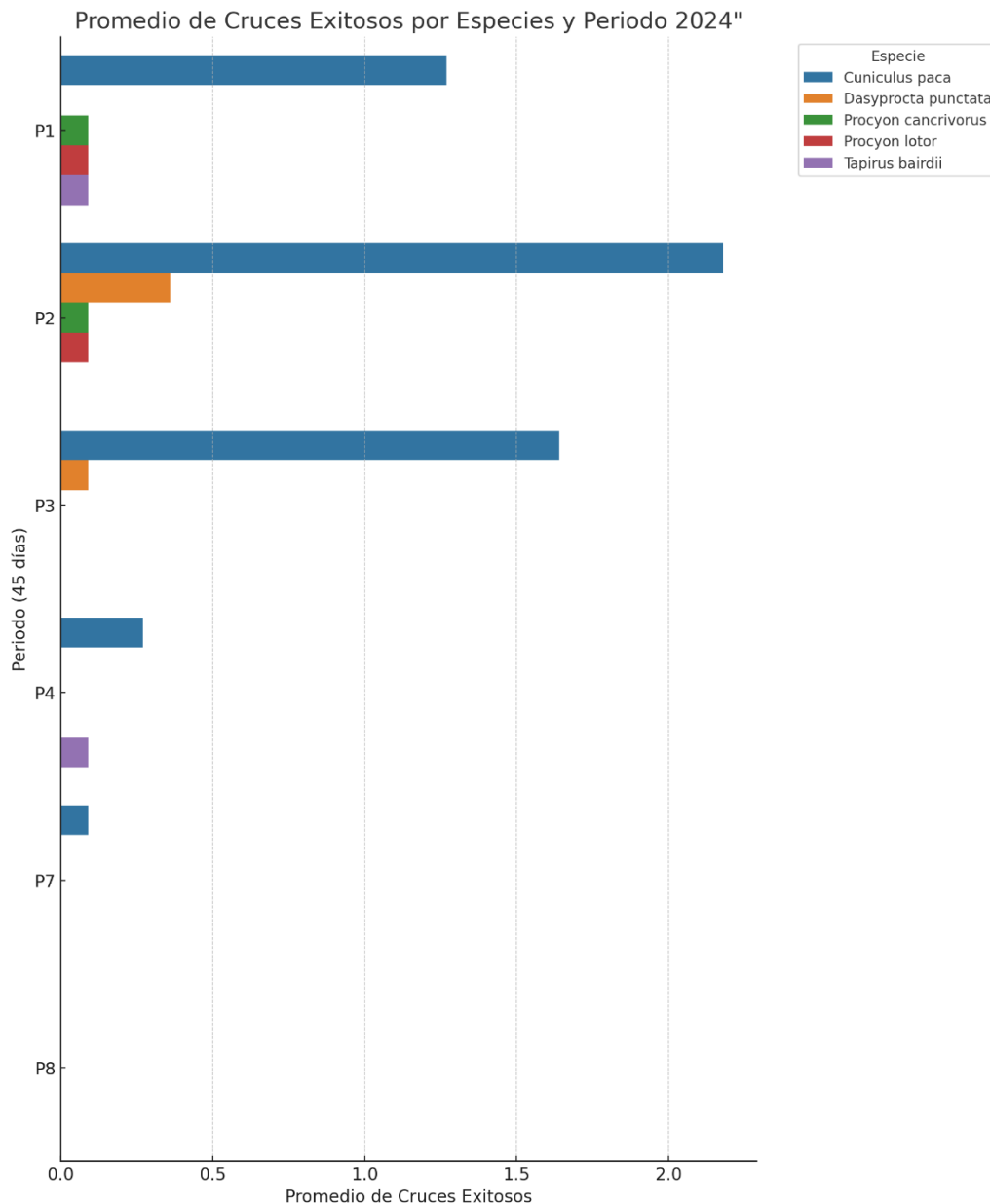
En total se registraron cinco especies (*Cuniculus paca*, *Dasyprocta punctata*, *Procyon cancrivorus*, *Procyon lotor* y *Tapirus bairdii*) que según la metodología realizaron eventos considerados como cruces exitosos, dando un total de 71 eventos de cruces exitosos para ambas temporadas, cabe destacar que estos 71 eventos no se consideran individuos diferentes si no eventos capturados en las cámaras (ver tabla N° 18).

Durante la estación seca (periodos 1 al 4), los datos muestran que la especie *Cuniculus paca* presentó la mayor actividad en cruces exitosos, con registros en todos los periodos: 1.27 en el periodo 1, 2.18 en el periodo 2, 1.64 en el periodo 3, y 0.27 en el periodo 4. Este patrón sugiere que esta especie, de hábitos principalmente crepusculares y nocturnos, ha logrado adaptarse al uso de las estructuras de paso de fauna, especialmente en los primeros tres periodos, posiblemente debido a una combinación de necesidad de desplazamiento por búsqueda de recursos y condiciones de baja perturbación. Otras especies que presentaron registros, aunque mucho más bajos fueron *Dasyprocta punctata*, *Procyon cancrivorus*, *Procyon lotor* y *Tapirus bairdii*, con valores por debajo de 0.36, lo que podría indicar una exploración ocasional o una baja frecuencia de uso para este periodo de reporte 2024.

En contraste, durante la estación lluviosa (periodos 5 al 8), se evidenció una disminución en los registros de cruces exitosos a nivel de especie. No se reportaron cruces en los periodos 5 y 6, se observó un registro de *Cuniculus paca* (0.09) en el periodo 7. El resto de las especies no mostró actividad durante este ciclo estacional. Está marcada reducción podría estar relacionada con una menor necesidad de desplazamiento debido a la mayor disponibilidad de agua y alimento, así como a posibles condiciones desfavorables en los accesos a las estructuras, producto de la acumulación de agua generada por las lluvias, lo cual puede dificultar o impedir su uso por parte de ciertas especies.

Al comparar ambas estaciones en el periodo 2024, los datos sugieren que la efectividad de las estructuras está fuertemente influenciada por factores estacionales, y que *Cuniculus paca* representa actualmente el principal usuario de estas infraestructuras.

Gráfica N°3. Promedio de cruces exitosos por especies individuales



El gráfico muestra la variación en el promedio de cruces exitosos de cinco especies clave a lo largo de ocho periodos de monitoreo en 2024. Se evidencia que *Cuniculus paca* es el principal usuario de las estructuras, con mayor actividad durante los primeros tres periodos. Las demás especies presentan registros esporádicos y de baja frecuencia.

Cruce no exitoso

Son eventos donde solo se registran una foto ya sean en las cámaras ubicadas en el lado izquierdo o el lado derecho, pero no en ambos. Es de importancia mencionar estos datos para la efectividad de las estructuras de los cruces de fauna ya que es un indicador de que los animales silvestres se están aproximando a las mismas. Con el tiempo se espera que los promedios de cruces no exitosos sean menores o iguales a los cruces exitosos.

En total para este periodo de monitoreo 2024 (estación seca- lluviosa) se registraron 15 especies incluyendo a las cinco especies que presentaron cruces exitosos capturadas por las trampas cámaras en las entradas de las estructuras de los cruces de fauna., pero no lo utilizaron para su desplazamiento dentro de la misma y fueron considerados como cruces no exitosos. En total se dieron 611 eventos de este tipo (ver tabla 17).

Tabla N°17 Especies en conjunto total para el año 2024

N°	Especie	cruce Exitoso	cruce no Exitoso	Registro total
1	<i>Cuniculus paca</i>	60	310	370
2	<i>Dasyprocta punctata</i>	5	192	197
3	<i>Dasyopus novemcinctus</i>	0	4	4
4	<i>Didelphis marsupialis</i>	0	2	2
5	<i>Eira barbara</i>	0	4	4
6	<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	0	1	1
7	<i>Hoplomys gymnurus</i>	0	7	7
8	<i>Leopardus pardalis</i>	0	4	4
9	<i>Nasua narica</i>	0	1	1
10	<i>Pecari tajacu</i>	0	6	6
11	<i>Philander opossum</i>	0	9	9
12	<i>Procyon cancrivorus</i>	2	19	21
13	<i>Procyon lotor</i>	2	7	9
14	<i>Sylvilagus gabbi</i>	0	2	2
15	<i>Tapirus bairdii</i>	2	43	45
Total, general		71	611	682

Fuente: Base de Datos BCG Panamá- Minera Panamá 2024

Especies en Conjunto

Durante la estación seca (periodos 1 al 4), se registraron los valores más altos de cruces no exitosos en las estructuras de paso de fauna. El periodo 3 presentó el promedio más elevado con 20.45 cruces no exitosos, seguido por el periodo 4 con 13.55, el periodo 1 con 8.27 y el periodo 2 con 6.27. Esta tendencia sugiere que, aunque la fauna intentó utilizar las estructuras, una proporción significativa de estos intentos no culminó con un cruce efectivo.

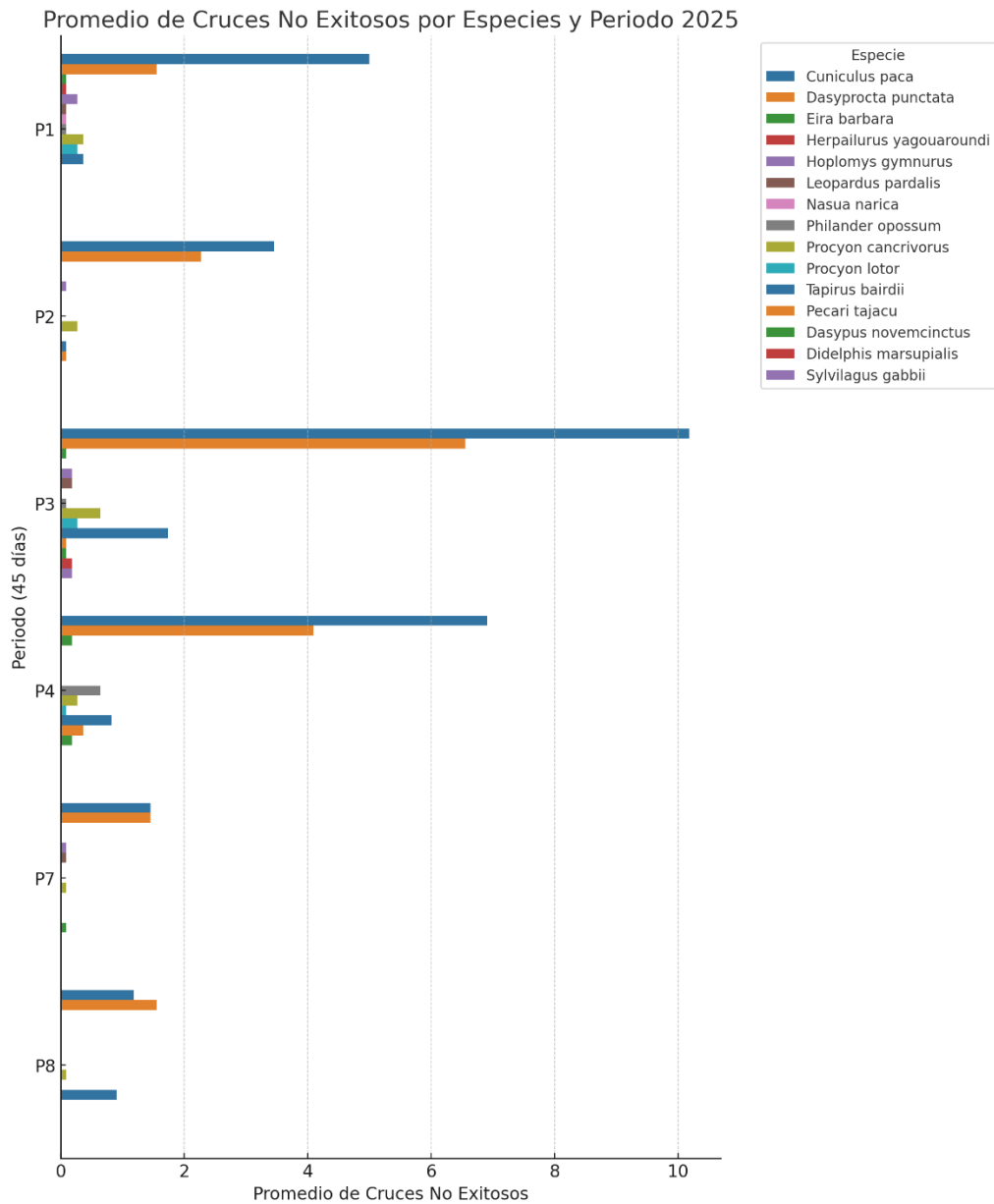
En la estación lluviosa (periodos 5 al 8), se observó una disminución considerable en los promedios de cruces no exitosos. Durante los periodos 5 y 6 no se registraron datos, Sin embargo, en los periodos 7 y 8 se evidenció un leve aumento en los cruces no exitoso (3.27 y 3.73 respectivamente).

Especies individuales

Durante la estación seca (periodos 1 al 4), se registraron los valores más altos de cruces no exitosos, con picos marcados en los periodos 3 y 4. En particular, *Cuniculus paca* alcanzó promedios de hasta 10.18 cruces no exitosos en el periodo 3, seguido por *Dasyprocta punctata* con 6.55, lo que evidencia una alta frecuencia de intentos fallidos por parte de especies medianas que, aunque activas, no lograron concretar el cruce efectivo. También se detectaron intentos no exitosos aislados en especies como *Procyon cancrivorus*, *Tapirus bairdii* y *Philander opossum*, lo cual indica cierto grado de aproximación a las estructuras, aunque sin culminar el cruce.

En la estación lluviosa (periodos 5 al 8), los registros de cruces no exitosos disminuyeron, aunque aún se mantuvieron intentos relevantes por parte de algunas especies. *Cuniculus paca* y *Dasyprocta punctata* continuaron siendo las especies más activas, con promedios de 1.45 a 1.55 cruces no exitosos en los periodos 7 y 8, respectivamente. No obstante, la persistencia de eventos no exitosos durante la temporada húmeda indica que las estructuras están siendo consideradas como lugares de movilidad para las especies.

Gráfica N°4. Promedio de cruces exitosos por especies individuales



El gráfico N°4 presenta el promedio de cruces no exitosos por especie en los distintos periodos de monitoreo durante 2024. Se observa una alta frecuencia de intentos fallidos en *Cuniculus paca* y *Dasyprocta punctata*, especialmente en la estación seca.

Tabla N°18 Promedio de cruces exitosos y no exitosos, por periodos de 45 días (especies en conjunto e individualmente).

Período de 45 días y Especies	Número de Cruces Exitosos	Número de Cruces no Exitosos	Número Promedio de Cruces Exitosos	Número Promedio de Cruces No Exitosos
Periodo 1 (1 de Enero 2024-14 de Febrero 2024)				
Total	17	91	1.55	8.27
<i>Cuniculus paca</i>	14	55	1.27	5.00
<i>Dasyprocta punctata</i>	0	17	0.00	1.55
<i>Eira barbara</i>	0	1	0.00	0.09
<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	0	1	0.00	0.09
<i>Hoplomys gymnurus</i>	0	3	0.00	0.27
<i>Leopardus pardalis</i>	0	1	0.00	0.09
<i>Nasua narica</i>	0	1	0.00	0.09
<i>Philander opossum</i>	0	1	0.00	0.09
<i>Procyon cancrivorus</i>	1	4	0.09	0.36
<i>Procyon lotor</i>	1	3	0.09	0.27
<i>Tapirus bairdii</i>	1	4	0.09	0.36
Periodo 2 (15 de febrero 2024-30 de Marzo 2024)				
Total	30	69	2.73	6.27
<i>Cuniculus paca</i>	24	38	2.18	3.45
<i>Dasyprocta punctata</i>	4	25	0.36	2.27
<i>Hoplomys gymnurus</i>	0	1	0.00	0.09
<i>Pecari tajacu</i>	0	1	0.00	0.09
<i>Procyon cancrivorus</i>	1	3	0.09	0.27
<i>Procyon lotor</i>	1	0	0.09	0.00
<i>Tapirus bairdii</i>	0	1	0.00	0.09
Periodo 3 (31 de Marzo 2024-14 de Mayo 2024)				
Total	19	225	1.73	20.45
<i>Cuniculus paca</i>	18	112	1.64	10.18
<i>Dasyprocta punctata</i>	1	72	0.09	6.55
<i>Dasypus novemcinctus</i>	0	1	0.00	0.09
<i>Didelphis marsupialis</i>	0	2	0.00	0.18
<i>Eira barbara</i>	0	1	0.00	0.09
<i>Hoplomys gymnurus</i>	0	2	0.00	0.18

Período de 45 días y Especies	Número de Cruces Exitosos	Número de Cruces no Exitosos	Número Promedio de Cruces Exitosos	Número Promedio de Cruces No Exitosos
<i>Leopardus pardalis</i>	0	2	0.00	0.18
<i>Pecari tajacu</i>	0	1	0.00	0.09
<i>Philander opossum</i>	0	1	0.00	0.09
<i>Procyon cancrivorus</i>	0	7	0.00	0.64
<i>Procyon lotor</i>	0	3	0.00	0.27
<i>Sylvilagus gabbi</i>	0	2	0.00	0.18
<i>Tapirus bairdii</i>	0	19	0.00	1.73
Periodo 4 (15 de Mayo 2024-28 Junio 2024)				
Total	4	149	0.36	13.55
<i>Cuniculus paca</i>	3	76	0.27	6.91
<i>Dasyprocta punctata</i>	0	45	0.00	4.09
<i>Dasypus novemcinctus</i>	0	2	0.00	0.18
<i>Eira barbara</i>	0	2	0.00	0.18
<i>Pecari tajacu</i>	0	4	0.00	0.36
<i>Philander opossum</i>	0	7	0.00	0.64
<i>Procyon cancrivorus</i>	0	3	0.00	0.27
<i>Procyon lotor</i>	0	1	0.00	0.09
<i>Tapirus bairdii</i>	1	9	0.09	0.82
Periodo 5 (29 de junio al 12 de agosto 2024)				
Sin registro				
Periodo 6 (13 de agosto al 26 de septiembre 2024)				
Sin registro				
Periodo 7 (27 de septiembre al 11 de noviembre 2024)				
Total	1	36	0.09	3.27
<i>Cuniculus paca</i>	1	16	0.09	1.45
<i>Dasyprocta punctata</i>	0	16	0.00	1.45
<i>Dasypus novemcinctus</i>	0	1	0.00	0.09
<i>Hopломys gymnur</i>	0	1	0.00	0.09
<i>Leopardus pardalis</i>	0	1	0.00	0.09
<i>Procyon cancrivorus</i>	0	1	0.00	0.09
Periodo 8 (12 de noviembre 2024 al 26 de diciembre 2024)				
Total	0	41	0	3.73
<i>Cuniculus paca</i>	0	13	0.00	1.18

Período de 45 días y Especies	Número de Cruces Exitosos	Número de Cruces no Exitosos	Número Promedio de Cruces Exitosos	Número Promedio de Cruces No Exitosos
<i>Dasyprocta punctata</i>	0	17	0.00	1.55
<i>Procyon cancrivorus</i>	0	1	0.00	0.09
<i>Tapirus bairdii</i>	0	10	0.00	0.91

Fuente: Base de Datos BCG Panamá- Minera Panamá 2024

Indicador 2: Relación promedio del éxito de cruces por periodos de 45 días (número de cruces exitosos/número total de intentos ya sean exitosos e infructuosos), por especies en conjunto e individualmente.

Este indicador de la relación promedio del éxito de cruces por los periodos de 45 días (número de cruces exitosos/número total de intentos ya sean exitosos e infructuosos) por especies en conjunto e individualmente, es muy parecido al anterior y es otra forma de evaluar el éxito de los cruces de fauna.

Tabla N°19 Relación promedio de éxito de cruces en los 4 periodos de 45 días.

Período de 45 días y Especies	Número de Cruces Exitosos	Número de Cruces no Exitosos	Relación Promedio del Éxito de Cruces (número de cruces exitosos/número total de intentos)
Periodo 1 (1 de Enero 2024-14 de Febrero 2024)			
Total	17	91	0.19
<i>Cuniculus paca</i>	14	55	0.16
<i>Dasyprocta punctata</i>	0	17	0
<i>Eira barbara</i>	0	1	0
<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	0	1	0
<i>Hoplomys gymnurus</i>	0	3	0
<i>Leopardus pardalis</i>	0	1	0
<i>Nasua narica</i>	0	1	0
<i>Philander opossum</i>	0	1	0
<i>Procyon cancrivorus</i>	1	4	0.03

Período de 45 días y Especies	Número de Cruces Exitosos	Número de Cruces no Exitosos	Relación Promedio del Éxito de Cruces (número de cruces exitosos/número total de intentos)
<i>Procyon lotor</i>	1	3	0.09
<i>Tapirus bairdii</i>	1	4	0.09
Periodo 2 (15 de Febrero 2024-30 de Marzo 2024)			
Total	30	69	0.27
<i>Cuniculus paca</i>	24	38	0.34
<i>Dasyprocta punctata</i>	4	25	0.03
<i>Hoplomys gymnurus</i>	0	1	0
<i>Pecari tajacu</i>	0	1	0
<i>Procyon cancrivorus</i>	1	3	0.09
<i>Procyon lotor</i>	1	0	0.09
<i>Tapirus bairdii</i>	0	1	0
Periodo 3 (31 de Marzo 2024-14 de Mayo 2024)			
Total	19	225	0.04
<i>Cuniculus paca</i>	18	112	0.06
<i>Dasyprocta punctata</i>	1	72	0.01
<i>Dasypus novemcinctus</i>	0	1	0
<i>Didelphis marsupialis</i>	0	2	0
<i>Eira barbara</i>	0	1	0
<i>Hoplomys gymnurus</i>	0	2	0
<i>Leopardus pardalis</i>	0	2	0
<i>Pecari tajacu</i>	0	1	0
<i>Philander opossum</i>	0	1	0
<i>Procyon cancrivorus</i>	0	7	0
<i>Procyon lotor</i>	0	3	0
<i>Sylvilagus gabbi</i>	0	2	0
<i>Tapirus bairdii</i>	0	19	0
Periodo 4 (15 de Mayo 2024-28 Junio 2024)			
Total	4	149	0.02
<i>Cuniculus paca</i>	3	76	0.02
<i>Dasyprocta punctata</i>	0	45	0
<i>Dasypus novemcinctus</i>	0	2	0
<i>Eira barbara</i>	0	2	0
<i>Pecari tajacu</i>	0	4	0
<i>Philander opossum</i>	0	7	0

Período de 45 días y Especies	Número de Cruces Exitosos	Número de Cruces no Exitosos	Relación Promedio del Éxito de Cruces (número de cruces exitosos/número total de intentos)
<i>Procyon cancrivorus</i>	0	3	0
<i>Procyon lotor</i>	0	1	0
<i>Tapirus bairdii</i>	1	9	0.01
Periodo 5 (29 de junio al 12 de agosto 2024)			
<i>Sin registro</i>			
Periodo 6 (13 de agosto al 26 de septiembre 2024)			
<i>Sin registro</i>			
Periodo 7 (27 de septiembre al 11 de noviembre 2024)			
Total	1	36	0.02
<i>Cuniculus paca</i>	1	16	0.05
<i>Dasyprocta punctata</i>	0	16	0.00
<i>Dasypus novemcinctus</i>	0	1	0.00
<i>Hopomys gymnurus</i>	0	1	0.00
<i>Leopardus pardalis</i>	0	1	0.00
<i>Procyon cancrivorus</i>	0	1	0.00
Periodo 8 (12 de noviembre 2024 al 26 de diciembre 2024)			
Total	0	41	0
<i>Cuniculus paca</i>	0	13	0.00
<i>Dasyprocta punctata</i>	0	17	0.00
<i>Procyon cancrivorus</i>	0	1	0.00
<i>Tapirus bairdii</i>	0	10	0.00

Fuente: Base de Datos BCG Panamá- Minera Panamá 2024

Análisis de datos históricos 2015-2024

1. Análisis de Tendencias Temporales 2015-2024 de cruces exitosos.

Especies individuales

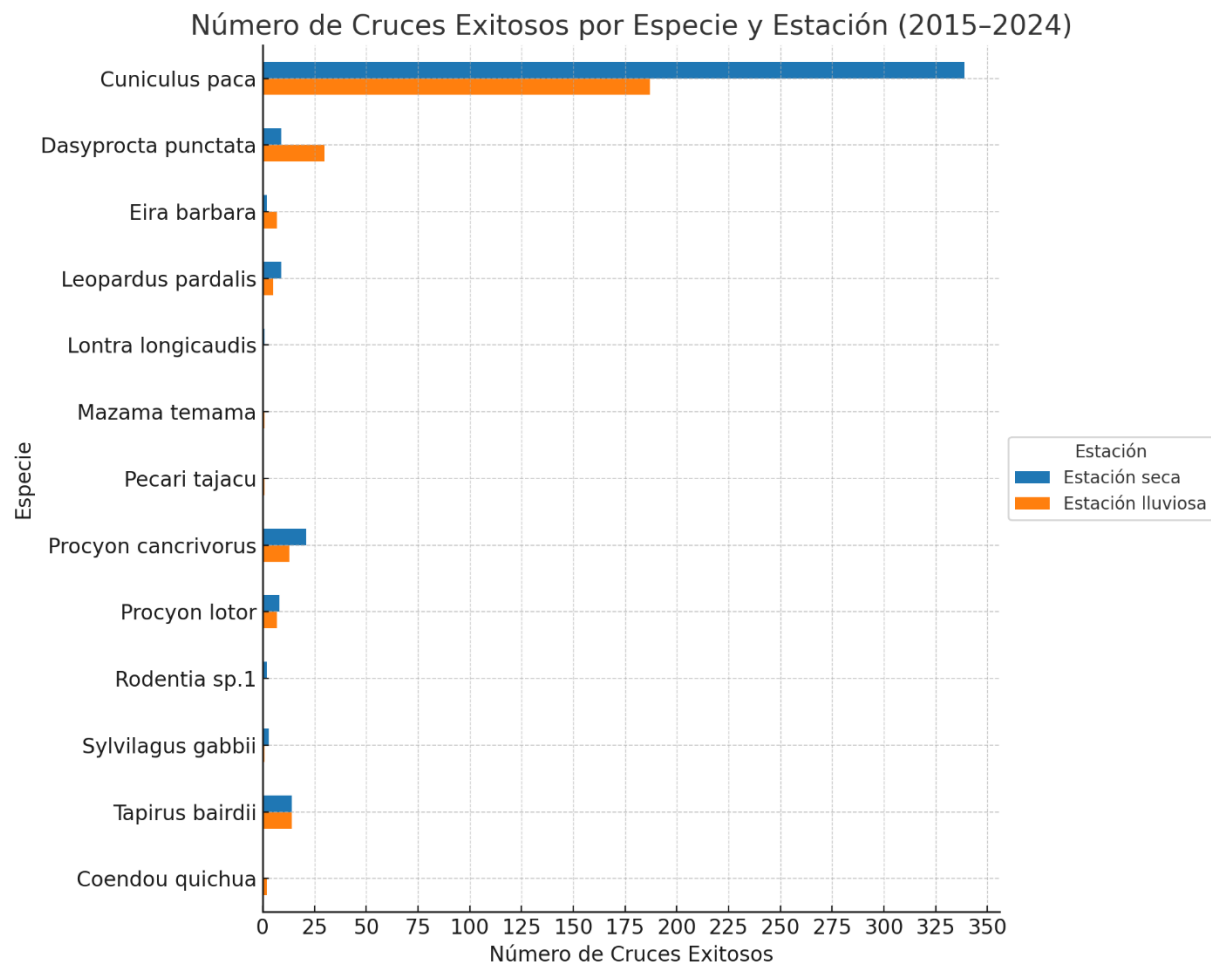
El análisis comparativo del número de cruces exitosos por especie entre las estaciones seca y lluviosa, en el periodo comprendido entre 2015 y 2024, revela una marcada variación en la efectividad de las estructuras de cruce de fauna según la temporada. *Cuniculus paca* destaca como la especie con mayor número de cruces exitosos en ambas estaciones, registrando 339 eventos en la estación seca y 187 en la lluviosa, lo que sugiere una alta adaptabilidad a las estructuras monitoreadas. Otras especies como *Tapirus bairdii*, *Procyon cancrivorus* y *Dasyprocta punctata* también muestran un uso recurrente de los pasos de fauna, aunque con diferencias en la magnitud de registros entre estaciones.

En total, trece especies registraron cruces exitosos durante el periodo evaluado (2015-2024). *Cuniculus paca*, *Tapirus bairdii*, *Dasyprocta punctata*, *Procyon cancrivorus*, *Procyon lotor*, *Eira barbara* y *Leopardus pardalis*, todos con registros en ambas estaciones. Además, se reportaron cruces ocasionales de *Lontra longicaudis*, *Rodentia sp.1*, *Sylvilagus gabbi* y en la estación lluviosa se añadieron *Coendou quichua*, *Mazama temama* y *Pecari tajacu*. La presencia de estas especies evidencia que las estructuras están siendo utilizadas por una diversidad representativa de fauna silvestre, aunque con frecuencias variables.

En general, se observa que durante la estación seca la mayoría de las especies presentan mayores registros de cruces exitosos en comparación con la estación lluviosa. Este patrón podría estar influenciado por factores como la accesibilidad del terreno, la estabilidad climática y menor interferencia de caudales o humedad, que pueden dificultar el uso de estas estructuras durante la temporada de lluvias. Estos resultados permiten concluir que, aunque los pasos de fauna son funcionales, su efectividad puede estar condicionada por la estacionalidad, por lo que se recomienda continuar evaluando las condiciones estructurales y ambientales que optimicen su uso durante todo el año.

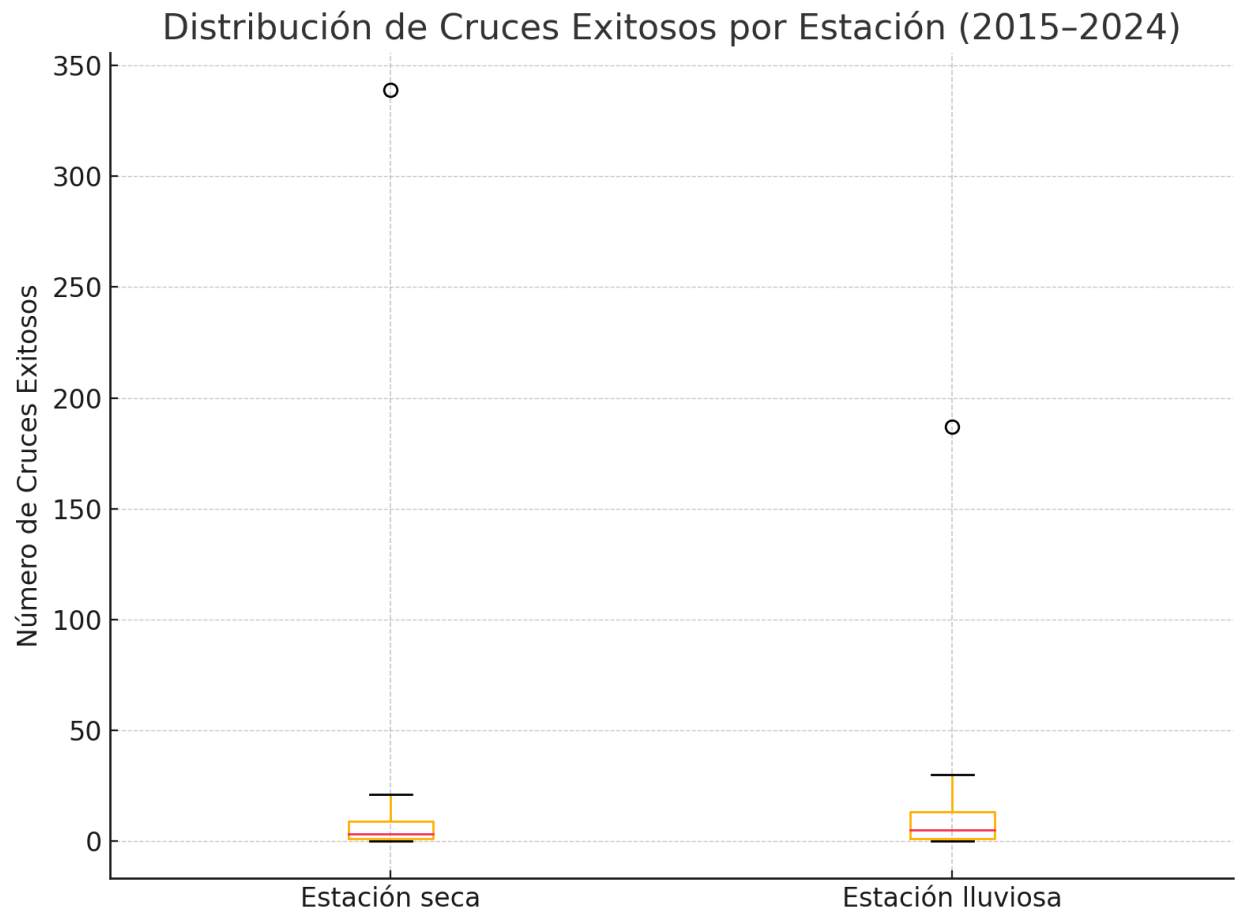
No obstante, el resultado de la prueba t (**P(T<=t) dos colas**) para dos muestras independientes (asumiendo varianzas desiguales) mostró un estadístico t de 0.368 y un valor p de 0.717. Esto indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa en el número de cruces exitosos ($p > 0.05$). entre la estación seca y la estación lluviosa para las especies con registros de cruces exitosos. En términos prácticos, aunque visualmente se aprecian diferencias en algunos casos, desde el punto de vista estadístico no se puede afirmar con evidencia suficiente que la estacionalidad influya de manera significativa en la efectividad de las estructuras de cruce de fauna durante el periodo evaluado (2015–2024). Esta conclusión sugiere que otros factores, como el comportamiento de las especies, la disponibilidad de alimentos, podrían estar jugando un rol más determinante en el uso de estas estructuras. (ver gráfico N°5).

Gráfica N°5. Especies con Registro de cruce exitoso desde el 2015-2014 por estación (seca y lluviosa).



Fuente: Base de Datos BCG Panamá- Minera Panamá 2015-2024

Gráfica N°6. Distribución de cruces exitosos por estación (2015-2024).



Fuente: Base de Datos BCG Panamá- Minera Panamá 2015-2024

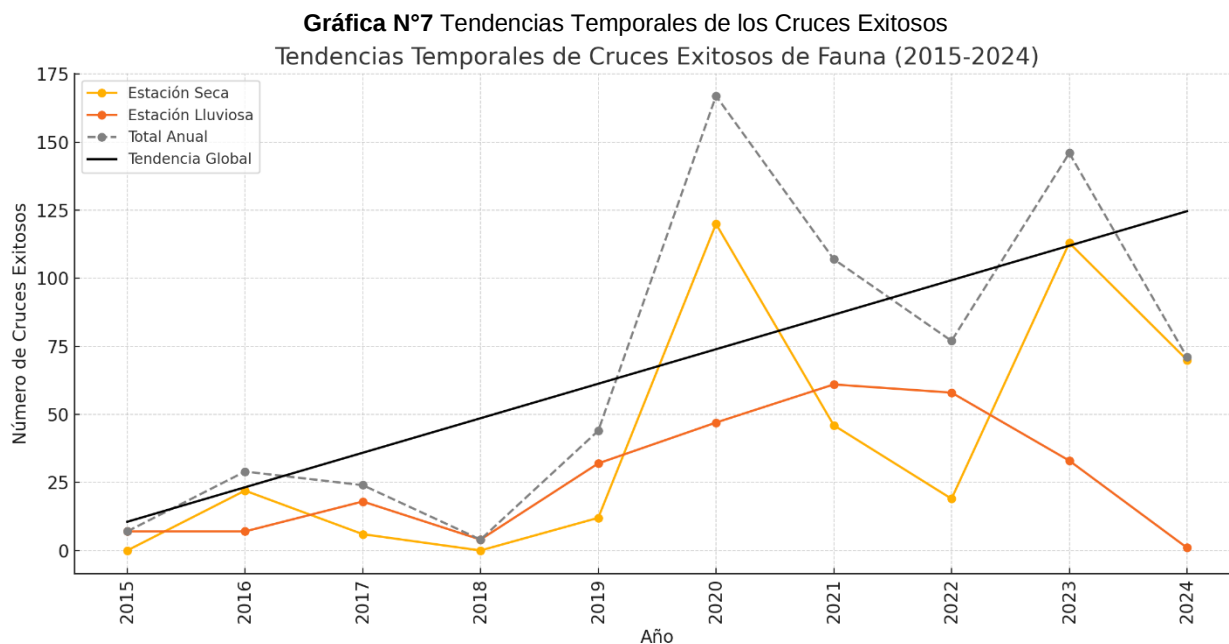
El **Grafico N°6** de caja (boxplot) muestra la distribución de cruces exitosos por especie entre la estación seca y la estación lluviosa (2015–2024). Este tipo de gráfico permite visualizar la mediana, los cuartiles y posibles valores atípicos, reforzando el análisis estadístico previo que indica que no hay una diferencia significativa entre estaciones en cuanto a la efectividad de los cruces de fauna en los registros históricos.

Especies en conjunto

En la gráfica N° 7 se observa el total anual donde se registra una tendencia creciente en el uso de las estructuras de cruce de fauna a lo largo del tiempo, representada por una línea de regresión lineal (en gris). A pesar de ciertas fluctuaciones anuales con picos notables en 2020 y 2023 la pendiente positiva de la línea sugiere que, en términos generales, la efectividad y el uso de las estructuras han aumentado en los últimos años. Este patrón puede interpretarse como una mejora en la adaptabilidad de las especies a los pasos de fauna, así como una posible optimización en su diseño o ubicación.

Para el análisis del comportamiento estacional a lo largo del período analizado, se observa una fluctuación considerable en el número de cruces exitosos, con picos importantes durante las estaciones secas de 2020, 2023 y 2024. Donde los registros en época seca superan significativamente a los de la estación lluviosa. Por ejemplo, en 2020 se documentaron 120 cruces en época seca frente a 47 en la lluviosa; en 2023, 113 versus 33. Estos resultados sugieren que las estructuras de cruce han mantenido y en algunos casos mejorado su efectividad, especialmente durante la estación seca (ver tabla N°20).

Esta diferencia puede atribuirse a condiciones ambientales más favorables en la estación seca para el desplazamiento de la fauna, tales como menor obstrucción por vegetación densa, niveles de agua más bajos y mejor visibilidad o transitabilidad de las estructuras.



Fuente: Base de Datos BCG Panamá- Minera Panamá 2015-2024

Riqueza de Especie

A lo largo del periodo de monitoreo 2015–2024 a nivel de especie, el gráfico N° 8 evidencia una tendencia general al alza en la cantidad de especies detectadas utilizando las estructuras de cruce de fauna, con picos notables en los años 2020, 2021 y especialmente 2023, donde se registraron 21 especies. Este incremento puede estar relacionado con:

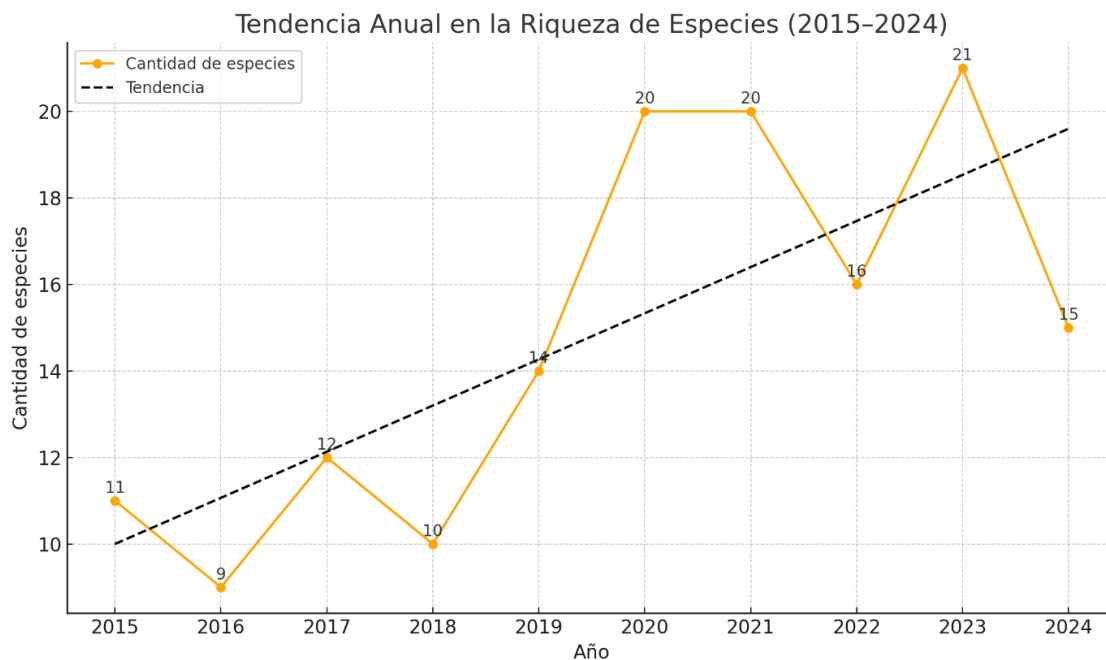
1. **Mayor efectividad funcional de las estructuras de cruce**, es decir, que las especies han aprendido a usarlas o están mejor adaptadas a ellas.

2. **Mejora en la cobertura vegetal circundante**, lo que puede hacer que el entorno sea más favorable y atractivo para la fauna.
3. **Cobertura del monitoreo**, que sugiere un aumento o mejora en la intensidad o alcance del monitoreo con cámaras trampa.

No obstante, también se presentan fluctuaciones en años como 2016, 2018 y 2024, lo cual podría deberse a factores externos como las variaciones climáticas, la presión antrópica o diferencias en el esfuerzo de muestreo. (ver tabla N° 21).

Estos patrones no solo reflejan una tendencia positiva en la funcionalidad ecológica de los pasos de fauna, sino también posibles cambios en el comportamiento de las especies frente al entorno construido. Entre los comportamientos observados destacan el uso de sitios de forrajeo por parte de especies como *Tapirus bairdii* y *Sylvilagus gabbi*, así como la presencia reiterada de individuos con crías en especies como *Cuniculus paca*, *Procyon lotor*, *Procyon cancrivorus*, *Tapirus bairdii*, *Mazama temama*, *Eira barbara*, *Dasyprocta punctata* y *Didelphis marsupialis*. Estos hallazgos subrayan la importancia de estas estructuras no solo como corredores de paso, sino también como zonas clave para el desarrollo de actividades vitales de la fauna silvestre.

Gráfica N°8 Tendencias anual de las especies en conjunto por año



Fuente: Base de Datos BCG Panamá- Minera Panamá 2015-2024

Tabla N°20 Tendencias Temporales de los cruces exitosos

Año	Estación	Número de Cruces Exitosos
2015	Lluviosa	7
2016	Lluviosa	7
2016	Seca	22
2017	Lluviosa	18
2017	Seca	6
2018	Lluviosa	4
2018	Seca	0
2019	Lluviosa	32
2019	Seca	12
2020	Lluviosa	47
2020	Seca	120
2021	Lluviosa	61
2021	Seca	46
2022	Lluviosa	58
2022	Seca	19
2023	Lluviosa	33
2023	Seca	113
2024	Lluviosa	1
2024	Seca	70

Fuente: Base de Datos BCG Panamá- Minera Panamá 2015-2024

Tabla N°21 Tendencias anual de las especies en conjunto por año

año	Cantidad de especies
2015	11
2016	9
2017	12
2018	10
2019	14
2020	20
2021	20
2022	16
2023	21
2024	15

Fuente: Base de Datos BCG Panamá- Minera Panamá 2015-2024

4. Análisis de Tendencias Temporales 2015-2024 de Registros fotográficos totales (cruce exitoso y no exitoso)

Para este indicador se analizan los eventos registrados por las cámaras trampa, considerando capturas Registros fotográficos totales (cruce exitoso y no exitoso) como aquellos registros que incluyen tanto cruces exitosos como cruces no exitosos. Se entiende por cruce exitoso el evento en el que un individuo de fauna atraviesa completamente la estructura de cruce, desde un extremo hasta el otro, mientras que un cruce no exitoso corresponde a un intento de ingreso sin que se concrete el paso total (por ejemplo, cuando el animal se aproxima, pero se retira sin cruzar). Estos eventos se analizan tanto de forma conjunta para todas las especies como individualmente, y se consideran tanto en las estructuras de cruce de fauna como en los puntos aleatorios.

Entre los años 2015 y 2024, el análisis de Registros fotográficos totales (cruce exitoso y no exitoso) mediante cámaras trampa en las estaciones seca y lluviosa revela un patrón claro de mayor actividad faunística durante la estación seca. *Cuniculus paca* fue la especie más frecuentemente registrada en ambas temporadas, con 1,695 capturas en la estación seca y 1,268 en la lluviosa, lo que sugiere una fuerte presencia y posible adaptación al entorno y a las estructuras de cruce monitoreadas.

Otras especies con alta frecuencia de registros incluyen *Dasyprocta punctata*, *Sylvilagus gabbi*, *Tapirus bairdii* y *Procyon cancrivorus*, todas con registros considerablemente más altos en la estación seca. Esta tendencia puede asociarse a factores como una mayor movilidad de fauna, condiciones de terreno más accesibles y menor interferencia hídrica durante la época seca. Diversos estudios en ecosistemas neotropicales han reportado patrones similares, destacando que la detectabilidad de *C. paca* aumenta significativamente en la estación seca (García-Casimiro & Santos-Moreno, 2023) y que la ocupación de hábitat por esta especie está fuertemente asociada a la disponibilidad de refugios y agua (Figueroa de León et al., 2016). Además, se ha documentado que las condiciones húmedas y la vegetación densa reducen la eficiencia de las cámaras trampa al afectar la distancia y probabilidad de detección (Kolowski & Forrester, 2017)

Aunque la frecuencia de registros varió entre especies y estaciones, estos resultados confirman que las estructuras de cruce monitoreadas son funcionales y utilizadas por una diversidad significativa de fauna terrestre. La marcada diferencia de capturas entre las estaciones seca y lluviosa siendo mayor la actividad general en la seca puede atribuirse a factores como mayor movilidad animal, accesibilidad del terreno y menor interferencia de caudales. No obstante, al aplicar una prueba t (**P(T<=t) dos colas**) para dos muestras independientes con varianzas desiguales, se obtuvo un valor t de **0.861** y un valor p de **0.407**, indicando que no existe una diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$) entre el número de capturas por especie entre ambas estaciones. Por tanto, se concluye que, si bien hay patrones estacionales observables, estos no constituyen una limitación significativa para el uso de los pasos de fauna.

Durante el periodo de monitoreo comprendido entre los años 2015 y 2024, se registraron un total de 32 especies utilizando las estructuras de cruce de fauna, evaluadas mediante Registros fotográficos totales (cruce exitoso y no exitoso) a través de cámaras trampa (. *Cuniculus paca* se destacó como la especie con mayor número de registros, con 1695 eventos en estación seca y 1268 en estación lluviosa, sumando un total de 2963. Le siguieron en frecuencia *Dasyprocta punctata* (723), *Tapirus bairdii* (235), *Sylvilagus gabbi* (218), *Procyon cancrivorus* (173), *Procyon*

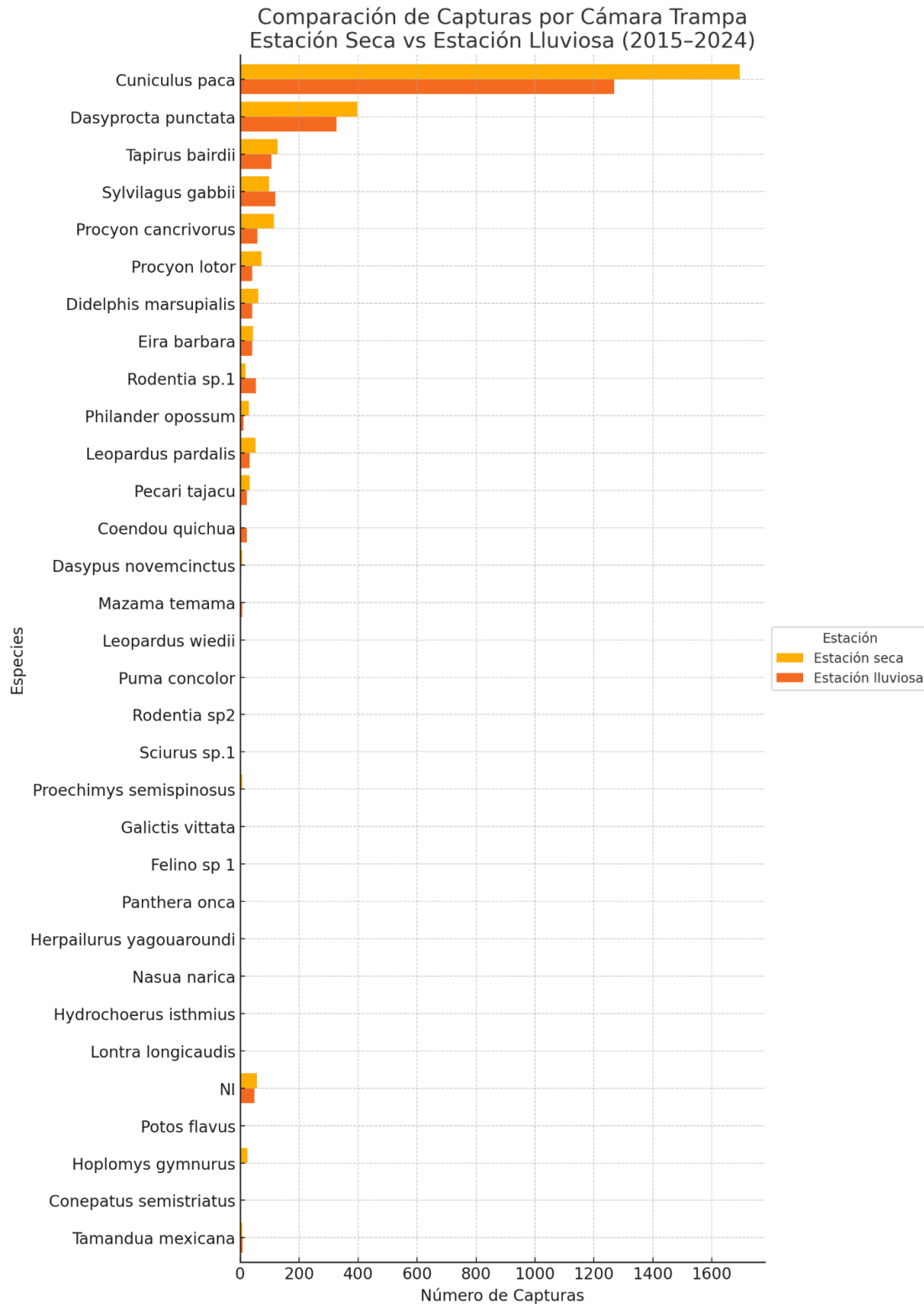
Iotor (113), *Didelphis marsupialis* (102), *Eira barbara* (85), *Leopardus pardalis* (84), *Rodentia* sp.1 (72), *Pecari tajacu* (56), *Philander opossum* (41) y *Hoplomys gymnurus* (26).

Especies con registros más moderados o bajos incluyeron a *Coendou quichua*, *Tamandua mexicana*, *Mazama temama*, *Dasypus novemcinctus*, *Proechimys semispinosus*, *Leopardus wiedii*, *Galictis vittata*, *Nasua narica*, *Puma concolor*, *Herpailurus yagouaroundi*, *Hydrochoerus isthmus*, *Lontra longicaudis*, *Rodentia* sp2, *Panthera onca*, *Sciurus* sp.1, *Felino* sp.1, *Conepatus semistriatus* y *Potos flavus*.

Tabla N°22 Registros fotográficos totales (cruce exitoso y no exitoso) por estación seca y lluviosa para las estructuras subterráneas de pasos.

N°	Especie	Estación Seca	Estación Lluviosa	Total
1	<i>Cuniculus paca</i>	1695	1268	2963
2	<i>Dasypus punctatus</i>	397	326	723
3	<i>Tapirus bairdii</i>	128	107	235
4	<i>Sylvilagus gabbi</i>	99	119	218
5	<i>Procyon cancrivorus</i>	115	58	173
6	<i>Procyon lotor</i>	73	40	113
7	No Identificada	56	49	105
8	<i>Didelphis marsupialis</i>	62	40	102
9	<i>Eira barbara</i>	44	41	85
10	<i>Leopardus pardalis</i>	51	33	84
11	<i>Rodentia</i> sp.1	18	54	72
12	<i>Pecari tajacu</i>	33	23	56
13	<i>Philander opossum</i>	30	11	41
14	<i>Hoplomys gymnurus</i>	25	1	26
15	<i>Coendou quichua</i>	0	22	22
16	<i>Tamandua mexicana</i>	7	9	16
17	<i>Dasypus novemcinctus</i>	7	3	10
18	<i>Proechimys semispinosus</i>	7	1	8
19	<i>Mazama temama</i>	2	6	8
20	<i>Leopardus wiedii</i>	4	1	5
21	<i>Galictis vittata</i>	3	1	4
22	<i>Nasua narica</i>	1	3	4
23	<i>Puma concolor</i>	2	2	4
24	<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	1	2	3
25	<i>Hydrochoerus isthmus</i>	2	0	2
26	<i>Lontra longicaudis</i>	2	0	2
27	<i>Rodentia</i> sp2	0	2	2
28	<i>Panthera onca</i>	1	0	1
29	<i>Sciurus</i> sp.1	0	1	1
30	<i>Felino</i> sp 1	0	1	1
31	<i>Conepatus semistriatus</i>	1	0	1
32	<i>Potos flavus</i>	1	0	1

Gráfica N°9 Comparación de capturas independientes



Fuente: Base de Datos BCG Panamá- Minera Panamá 2015-2024

5. Registro de la efectividad de las estructuras

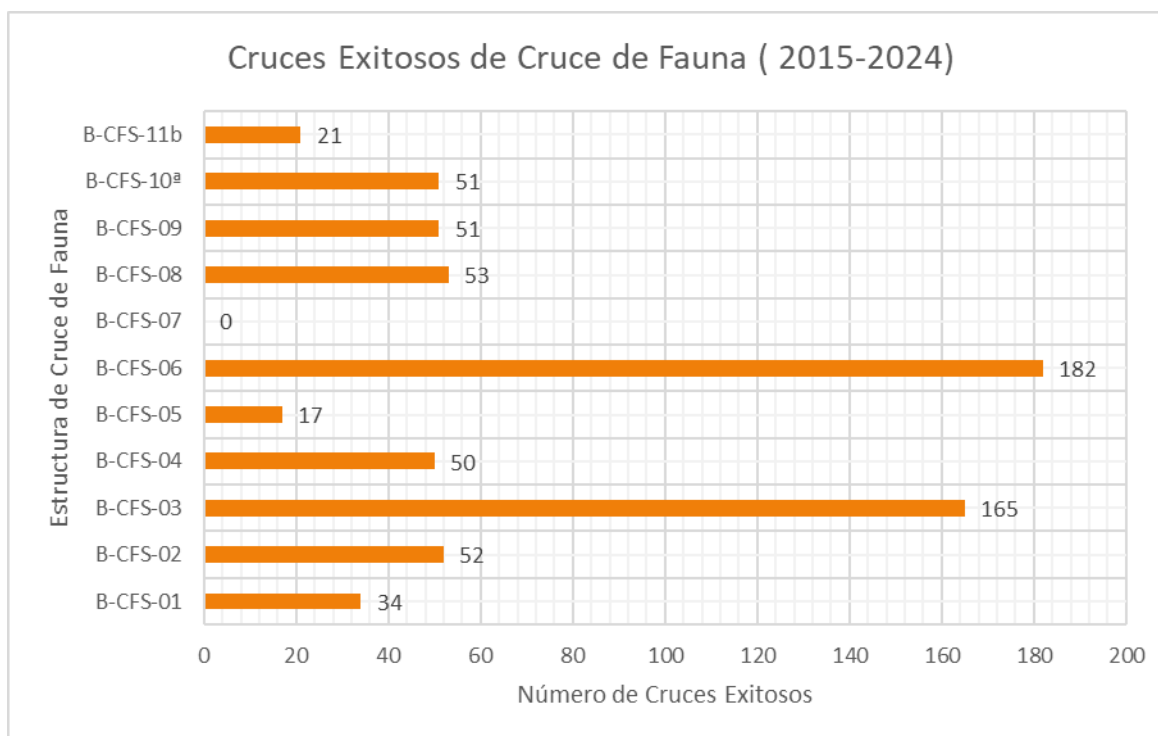
Cruce exitoso

Durante el periodo 2015–2024, se evaluaron 11 estructuras de cruce de fauna, observándose variabilidad en la efectividad entre ellas. Las estructuras **B-CFS-06**, **B-CFS-03** y **B-CFS-08** fueron las más utilizadas por la fauna silvestre en cuanto a cruces exitosos, con 182, 165, y 53 cruces exitosos respectivamente, representando más del 60% del total de registros (ver tabla N°23). En particular, *Cuniculus paca* fue la especie que más utilizó estas infraestructuras, acumulando la mayor cantidad de eventos en todas las estructuras, lo que indica una notable adaptabilidad y preferencia por los pasos establecidos. Por otro lado, estructuras como B-CFS-07 no registro eventos de cruces exitosos por parte de ninguna especie.

En términos de diversidad específica, *Dasyprocta punctata*, *Procyon cancrivorus*, *Procyon lotor*, *Tapirus bairdii*, *Leopardus pardalis*, *Rodentia* sp.1, *Eira barbara* y *Sylvilagus gabbi* también fueron detectadas cruzando exitosamente al menos una estructura, aunque en frecuencias considerablemente menores.

La estructura **B-CFS-06** destaca no solo por la cantidad de registros sino también por la presencia de múltiples especies, lo que refleja un alto valor funcional en términos de conectividad ecológica (ver gráfico N°10).

Gráfica N°10 Registro de capturas de cámaras trampa en las estructuras de cruce de fauna 2015-2024.



Fuente: Base de Datos BCG Panamá- Minera Panamá 2015-2024.

Tabla N°23 Registro de cruces exitosos, cantidad de especies reportadas y su porcentaje de uso.

Estructura	Cruces Exitosos	Especies reportadas	Porcentaje de uso (%)
B-CFS-01	34	4	5.03
B-CFS-02	52	5	7.69
B-CFS-03	165	5	24.41
B-CFS-04	50	7	7.4
B-CFS-05	17	1	2.51
B-CFS-06	182	3	26.92
B-CFS-07	0	0	0
B-CFS-08	53	3	7.84
B-CFS-09	51	4	7.54
B-CFS-10 ^Â a	51	2	7.54
B-CFS-11b	21	2	3.11

Fuente: Base de Datos BCG Panamá- Minera Panamá 2015-2024- B: Biodiversidad; P: cruce; F: fauna; S: subterráneo

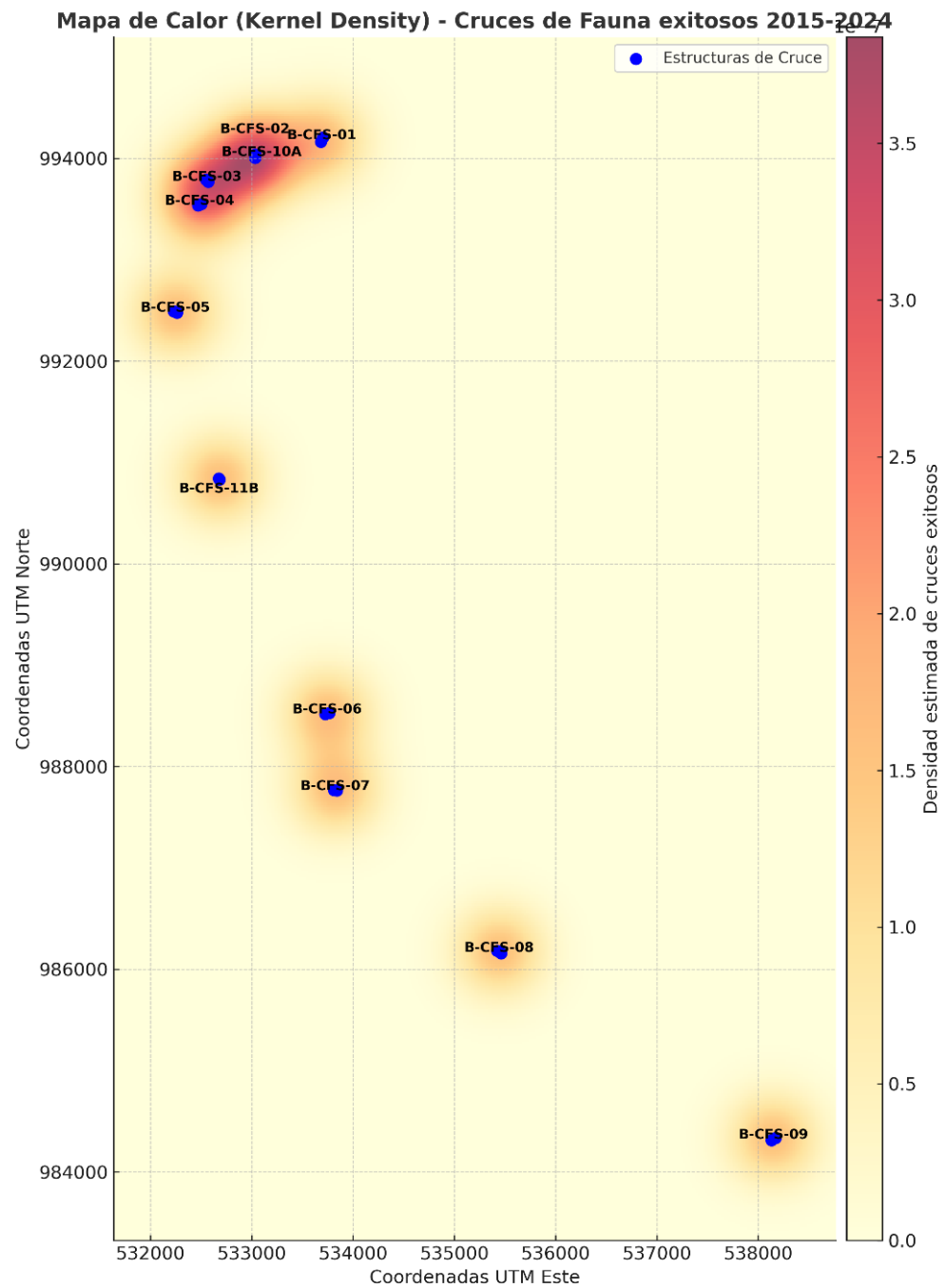
Tabla N°24 Registro de cruces exitosos, por año (2015-2024).

Año	Especie	Estructuras de cruce de Fauna										Total, de cruce Exitoso	
		B-CFS-01	B-CFS-02	B-CFS-03	B-CFS-04	B-CFS-05	B-CFS-06	B-CFS-07	B-CFS-08	B-CFS-09	B-CFS-10		B-CFS-11
2019	<i>Coendou quichua</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
2015	<i>Cuniculus paca</i>	0	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	7
2016	<i>Cuniculus paca</i>	0	5	13	6	4	0	0	0	0	0	0	28
2017	<i>Cuniculus paca</i>	0	12	6	0	0	0	0	0	0	0	0	18
2018	<i>Cuniculus paca</i>	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	4
2019	<i>Cuniculus paca</i>	0	0	4	2	0	0	0	2	18	0	0	26
2020	<i>Cuniculus paca</i>	0	5	95	7	0	19	0	4	12	2	3	147
2021	<i>Cuniculus paca</i>	0	1	8	1	1	28	0	28	2	10	0	79
2022	<i>Cuniculus paca</i>	0	2	3	1	7	29	0	0	2	11	1	56
2023	<i>Cuniculus paca</i>	1	3	27	0	4	31	0	11	4	20	0	101
2024	<i>Cuniculus paca</i>	22	1	0	8	1	27	0	1	0	0	0	60
2017	<i>Dasyprocta punctata</i>	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4
2019	<i>Dasyprocta punctata</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
2021	<i>Dasyprocta punctata</i>	0	0	0	0	0	4	0	0	0	2	0	6
2022	<i>Dasyprocta punctata</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	6	0	0	7
2023	<i>Dasyprocta punctata</i>	0	12	1	0	0	0	0	1	0	1	0	15
2024	<i>Dasyprocta punctata</i>	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
2021	<i>Eira barbara</i>	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9
2017	<i>Leopardus pardalis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2019	<i>Leopardus pardalis</i>	2	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	10
2020	<i>Leopardus pardalis</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
2023	<i>Leopardus pardalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1

Año	Especie	Estructuras de cruce de Fauna											Total, de cruce Exitoso
		B-CFS-01	B-CFS-02	B-CFS-03	B-CFS-04	B-CFS-05	B-CFS-06	B-CFS-07	B-CFS-08	B-CFS-09	B-CFS-10	B-CFS-11	
2021	<i>Lontra longicaudis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
2020	<i>Mazama temama</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2023	<i>Pecari tajacu</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2017	<i>Procyon cancrivorus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2019	<i>Procyon cancrivorus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
2020	<i>Procyon cancrivorus</i>	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3
2021	<i>Procyon cancrivorus</i>	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	6
2022	<i>Procyon cancrivorus</i>	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4
2023	<i>Procyon cancrivorus</i>	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	16
2024	<i>Procyon cancrivorus</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
2020	<i>Procyon lotor</i>	0	0	1	0	0	6	0	0	0	0	0	7
2021	<i>Procyon lotor</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
2022	<i>Procyon lotor</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
2023	<i>Procyon lotor</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	3
2024	<i>Procyon lotor</i>	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2
2019	<i>Rodentia sp.2</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
2016	<i>Sylvilagus gabbii</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
2021	<i>Sylvilagus gabbii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
2022	<i>Sylvilagus gabbii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
2020	<i>Tapirus bairdii</i>	0	0	0	5	0	0	0	2	0	0	0	7
2021	<i>Tapirus bairdii</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	3
2022	<i>Tapirus bairdii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7
2023	<i>Tapirus bairdii</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	6	9
2024	<i>Tapirus bairdii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
	Total, general	34	52	165	50	17	182	0	53	51	51	21	676

Fuente: Base de Datos BCG Panamá- Minera Panamá 2015-2024- B: Biodiversidad; P: cruce; F: fauna; S: subterráneo

Gráfica N°11 Mapa de Calor (Kernel Density) de las estructuras de cruce de fauna.



La escala de densidades Kernel representada en el mapa de calor corresponde a una medida estadística que estima la concentración espacial de los cruces exitosos registrados en las estructuras de paso de fauna. Esta técnica permite visualizar de forma continua la densidad relativa de eventos dentro de un área geográfica, donde los colores más intensos indican zonas con alta frecuencia de uso por parte de la fauna silvestre. En contraste, los tonos más tenues reflejan áreas con menor actividad o uso disperso de las estructuras. Esta herramienta resulta fundamental para identificar puntos críticos de conectividad ecológica y orientar decisiones de manejo adaptativo.

El mapa de calor generado, basado en datos de 2015 a 2024 y procesado bajo el método de estimación de densidad Kernel, muestra que las estructuras B-CFS-002, B-CFS-03, B-CFS-04 y B-CFS-10a concentran los mayores valores de densidad, evidenciando una alta efectividad ecológica. En este contexto, **densidad** se refiere a la concentración espacial de eventos de cruce exitoso detectados por cámaras trampa en un área determinada, permitiendo identificar zonas con mayor intensidad de uso por parte de la fauna.

Estos altos valores de densidad reflejan una **alta efectividad ecológica**, entendida como la capacidad de una estructura de cruce para facilitar el tránsito seguro de múltiples especies silvestres a través de fragmentos del paisaje alterado, promoviendo así la conectividad ecológica entre hábitats (Clevenger & Huijser, 2011; Alonso & Pascual, 2022). Una estructura ecológicamente efectiva no solo es utilizada frecuentemente, sino que también mantiene la integridad funcional de los ecosistemas al reducir el aislamiento de poblaciones, permitir el flujo genético y disminuir el riesgo de atropellos (Grilo, Smith & Klar, 2020).

Por el contrario, la estructura B-CFS-07 no presenta registros de cruce, lo que sugiere posibles deficiencias funcionales o ubicación poco estratégica. Esta información proporciona una base sólida para la priorización de intervenciones, mantenimiento o rediseño de estructuras con baja efectividad, así como para fortalecer la conectividad del paisaje en áreas de alta actividad faunística.

6. Registro de la efectividad de las estructuras, Registros fotográficos totales (cruce exitoso y no exitoso)

Los datos revelan una marcada variabilidad en el uso de las diferentes estructuras de cruce por parte de la fauna silvestre a lo largo del periodo de monitoreo. Las estructuras **B-CFS-06** (842 registros), **B-CFS-02** (722 registros) y **B-CFS-08** (704 registros) destacan como las más frecuentadas, representando en conjunto más del 45% de todos los registros obtenidos. Este patrón sugiere una mayor funcionalidad ecológica de estas estructuras, posiblemente relacionada con su características del hábitat circundante y continuidad de cobertura.

Por otro lado, estructuras como **B-CFS-07** (123 registros) y **B-CFS-11b** (195 registros) muestran una baja cantidad de cruces exitosos.

Gráfica N°12 Total de Registros por estructura.

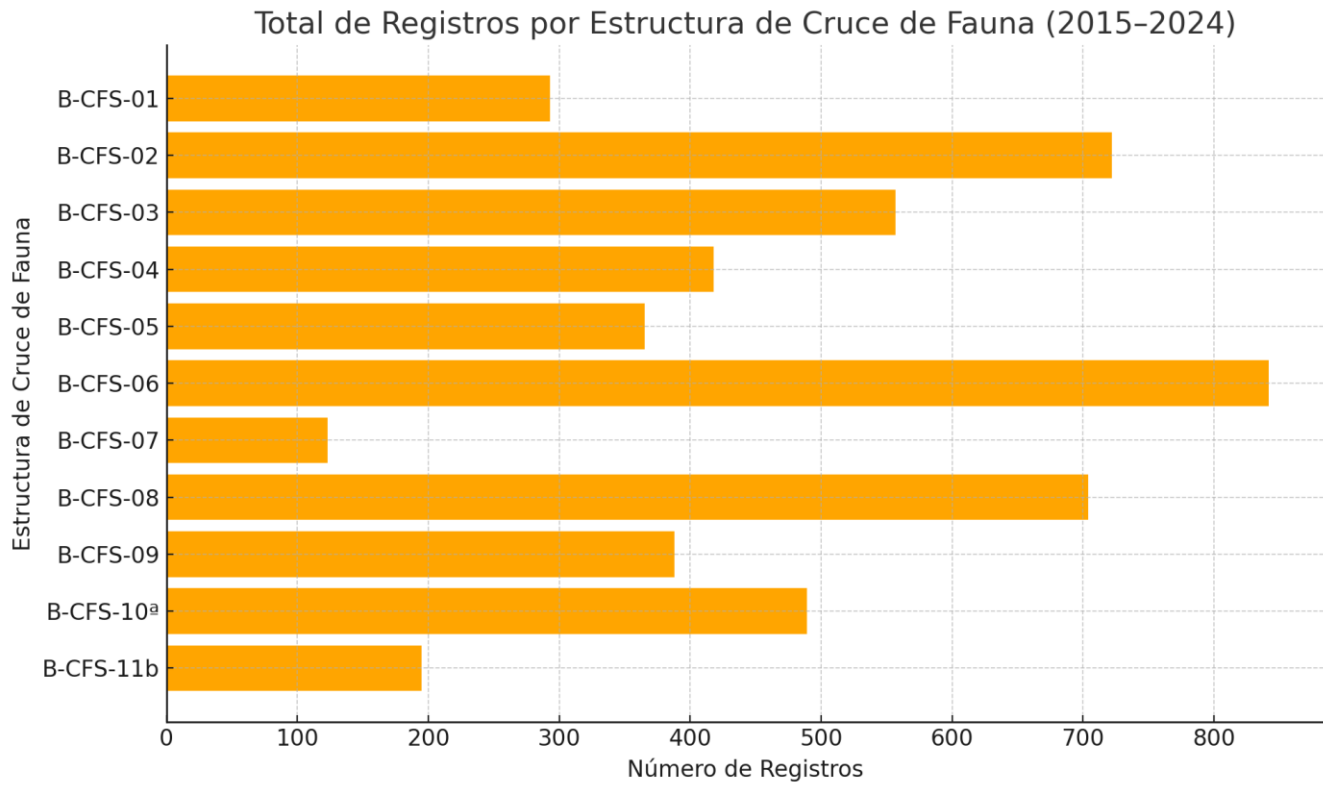


Tabla N°25 Registro de capturas fotográficas de cámaras trampa 2015-2024

Especie	B-CFS-01	B-CFS-02	B-CFS-03	B-CFS-04	B-CFS-05	B-CFS-06	B-CFS-07	B-CFS-08	B-CFS-09	B-CFS-10 ^a	B-CFS-11 ^b	Número de Registros
<i>Coendou quichua</i>	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	22
<i>Conepatus semistriatus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Cuniculus paca</i>	105	321	443	201	242	481	15	571	201	305	84	2963
<i>Dasyprocta punctata</i>	24	259	22	39	23	144	18	41	66	84	3	723
<i>Dasypus novemcinctus</i>	0	3	1	1	0	2	2	0	0	1	0	10
<i>Didelphis marsupialis</i>	0	2	2	4	30	24	27	0	12	1	0	102
<i>Eira barbara</i>	38	11	10	7	4	4	2	0	1	7	1	85
<i>Felino sp 1</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Galictis vittata</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	4
<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Hoplomys gymnurus</i>	8	2	7	0	1	0	4	0	0	4	0	26
<i>Hydrochoerus isthmius</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
<i>Leopardus pardalis</i>	7	8	8	30	1	9	6	2	5	8	0	84
<i>Leopardus wiedii</i>	1	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	5
<i>Lontra longicaudis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
<i>Mazama temama</i>	1	2	0	0	0	0	0	5	0	0	0	8
<i>Nasua narica</i>	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	4
<i>No identificada</i>	14	19	8	17	13	21	0	3	5	1	4	105
<i>Panthera onca</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Pecari tajacu</i>	2	18	12	0	2	0	0	0	6	1	15	56
<i>Philander opossum</i>	5	12	0	0	1	11	7	0	2	3	0	41
<i>Potos flavus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Procyon cancrivorus</i>	12	10	7	9	2	109	9	8	6	1	0	173
<i>Procyon lotor</i>	12	10	9	5	9	26	3	0	3	36	0	113
<i>Proechimys semispinosus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	7	0	8
<i>Puma concolor</i>	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	4
<i>Rodentia sp.1</i>	0	3	12	19	2	1	19	0	0	16	0	72
<i>Rodentia sp2</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Sciurus sp.1</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Sylvilagus gabbi</i>	39	22	5	21	28	3	11	11	75	3	0	218
<i>Tamandua mexicana</i>	6	2	2	1	2	1	0	0	2	0	0	16
<i>Tapirus bairdii</i>	13	15	4	40	3	1	0	62	1	7	88	235
Total	293	722	557	418	365	842	123	704	388	489	195	5091

Fuente: Base de Datos BCG-MPSA 2024 B: Biodiversidad; P: cruce; F: fauna; A: aleatorio.

Gráfica N°13 Mapa de Calor (Kernel Density) de los registros fotográficos totales (cruce exitoso y no exitoso)

Mapa de Calor (Kernel Density) – Registros de Especies por Estructura de Cruce (2015–2024)

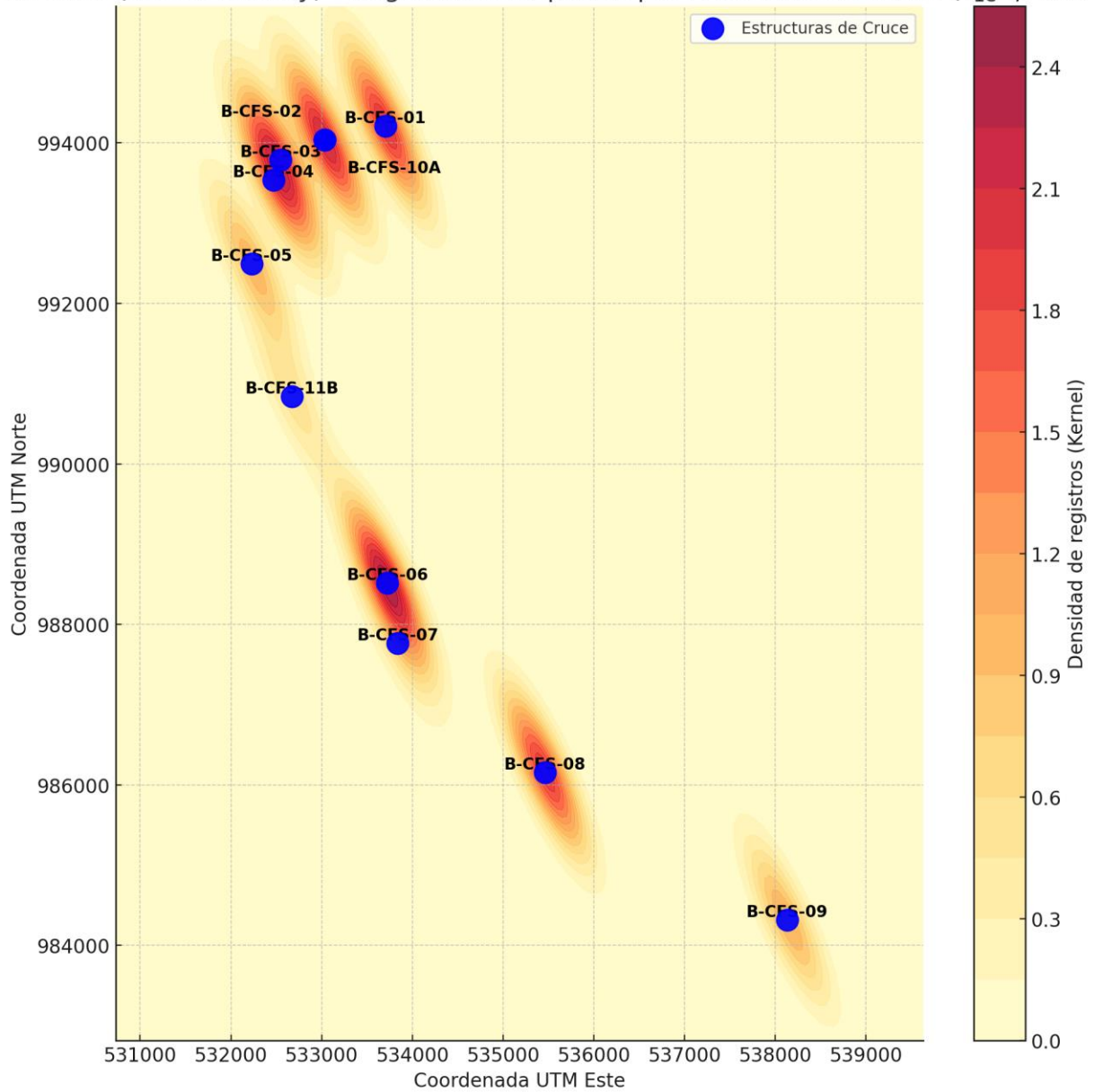


Tabla N°26 Registro de registro fotográfico en las estructuras de cruce de fauna Subterráneo 2015-2024

Estructura	Número de eventos
B-CFS-01	293
B-CFS-02	722
B-CFS-03	557
B-CFS-04	418
B-CFS-05	365
B-CFS-06	842
B-CFS-07	123
B-CFS-08	704
B-CFS-09	388
B-CFS-10a	489
B-CFS-11b	195

El mapa de calor presentado ilustra la densidad espacial de registros de cruces de fauna silvestre a través de 11 estructuras de paso monitoreadas en el periodo 2015–2024. Las áreas con colores más intensos (amarillos y rojos) indican zonas de mayor concentración de registros fotográficos, mientras que los tonos más claros reflejan menor densidad de actividad.

El análisis espacial pone de manifiesto que estructuras como **B-CFS-06**, **B-CFS-08** y **B-CFS-01** se ubican en zonas de mayor densidad de registros fotográficos, sugiriendo una alta funcionalidad y relevancia para la conectividad de la fauna en el corredor monitoreado. En contraste, otras estructuras presentan densidades mucho menores.

CONCLUSIONES

Informe Anual 2024

Monitoreo de los Sitios de Cruce de Fauna

Indicador 1: El total de cruces (todas las especies en conjunto y cada especie individualmente) ¿es significativamente mayor en las proximidades de estructuras para Cruce de Fauna, ¿qué en ubicaciones al azar (prueba “t”)?

1. Ausencia de Preferencia Estadística por las Estructuras de Cruce

El análisis estadístico realizado mediante pruebas “t” para las estaciones seca y lluviosa de 2024 indica que, a nivel de todas las especies en conjunto, no existen diferencias estadísticamente significativas en el número de cruces exitosos entre las estructuras de cruce de fauna y ubicaciones al azar ($P > 0.05$). Este resultado sugiere que, durante el periodo evaluado, la fauna silvestre no mostró una preferencia marcada por el uso de las estructuras, utilizando ambos tipos de sitios de manera similar.

2. Patrones de Uso por Estructura y Especie

A pesar de la ausencia de diferencia estadística general, la estructura B-CFS-06 sobresale por registrar el mayor número de cruces exitosos (42 % del total), seguida por B-CFS-01 y B-CFS-04. A nivel de especie, *Cuniculus paca* fue la que presentó mayor frecuencia de cruces exitosos en las estructuras de cruce, mientras que otras especies, como *Dasyprocta punctata*, *Procyon cancrivorus*, *Procyon lotor*, *Tapirus bairdii* y *Leopardus pardalis*, mostraron un uso más limitado de estos pasos. Sin embargo, el análisis a nivel de especie tampoco evidenció diferencias estadísticamente significativas entre el uso de las estructuras y los sitios al azar.

3. Diversidad de Especies Registradas y Efectividad de las Estructuras

Durante 2024, se registraron un total de 15 especies en las cámaras trampa instaladas en las entradas de las estructuras de cruce, (*Cuniculus paca*, *Dasyprocta punctata*, *Dasyprocta novemcinctus*, *Didelphis marsupialis*, *Eira barbara*, *Herpailurus yagouaroundi*, *Hoplostomus gymnurus*, *Leopardus pardalis*, *Nasua narica*, *Pecari tajacu*, *Philander opossum*, *Procyon cancrivorus*, *Procyon lotor*, *Sylvilagus gabbi*, *Tapirus bairdii*.) pero sólo seis especies presentaron eventos de cruces exitosos (*Cuniculus paca*, *Dasyprocta punctata*, *Leopardus pardalis*, *Procyon cancrivorus*, *Procyon lotor* y *Tapirus bairdii*). Esto resalta la importancia de continuar monitoreando la funcionalidad real de estas infraestructuras.

4. Implicaciones para la Gestión y Monitoreo Futuro

Los resultados obtenidos evidencian la necesidad de revisar y adaptar las estrategias de gestión y diseño de las estructuras de cruce, priorizando aquellas que muestran mayor actividad y evaluando las condiciones de las menos utilizadas. Se recomienda mantener el monitoreo continuo y complementar los análisis estadísticos con estudios adicionales sobre factores ecológicos, de comportamiento y de paisaje, para optimizar la efectividad de los pasos de fauna y contribuir a la conectividad ecológica de la región.

Indicador 2: Relación de capturas de la cámara trampa (ubicaciones de las estructuras para cruce/ubicaciones al azar) para especies en conjunto y para especies individualmente.

5. Diversidad y frecuencia de capturas

Durante la estación seca, las cámaras trampas instaladas en las entradas de las estructuras de cruce de fauna registraron una mayor diversidad y frecuencia de capturas de mamíferos (15 especies y 604 eventos), destacando *Cuniculus paca* como la especie dominante, con el 56 % de los registros. En contraste, en las ubicaciones al azar solo se detectaron seis especies y 18 eventos, con *Tapirus bairdii* y *Leopardus pardalis* acumulando la mayor parte de los registros. En la estación lluviosa, la tendencia fue similar: en las estructuras se registraron siete especies y 78 eventos, con *Dasyprocta punctata* predominando en frecuencia, mientras que en los sitios aleatorios solo se capturaron cuatro especies y 10 eventos, siendo *Tapirus bairdii* la más frecuente.

6. Análisis estadístico y preferencia de uso

A pesar de que las estructuras de cruce presentan una mayor diversidad y cantidad de registros, la prueba “t” aplicada tanto para la estación seca como lluviosa no evidenció diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) en el número de capturas entre las estructuras y los puntos aleatorios. Esto indica que, si bien las estructuras de fauna concentran más eventos y especies, no se puede afirmar con certeza que exista una preferencia estadísticamente comprobada en el uso de estos pasos por parte de la fauna, en comparación con los sitios aleatorios.

Monitoreo de la Efectividad de las Estructuras de Cruce Construidas.

Indicador 1: Número promedio de cruces por periodos de 45 días (especies en conjunto e individualmente).

7. Efectividad General y Tendencia Estacional

El análisis del número promedio de cruces exitosos y no exitosos a lo largo de los periodos de monitoreo evidencia que la efectividad de las 11 estructuras de paso de fauna es variable y está fuertemente influenciada por la estacionalidad. Los valores más altos de cruces exitosos se registran en los primeros periodos de la estación seca, mientras que tanto los cruces exitosos como los no exitosos disminuyen considerablemente en la estación lluviosa. Esta tendencia sugiere que factores ambientales, como la disponibilidad de recursos y las condiciones del terreno, juegan un papel importante en el uso y funcionalidad de estas infraestructuras.

8. Patrón de Uso Específico y Dominancia de Ciertas Especies

A nivel de especies, *Cuniculus paca* destaca como el principal usuario de las estructuras, con registros consistentes de cruces exitosos en ambos periodos, especialmente en la estación seca. Otras especies, como *Dasyprocta punctata*, *Procyon cancrivorus*, *Procyon lotor* y *Tapirus bairdii*, muestran una menor frecuencia de cruces exitosos y una tendencia a eventos

no exitosos. En total, cinco especies realizaron cruces exitosos y 15 especies se aproximaron a las estructuras, aunque sin concretar el cruce.

9. Interpretación de los Cruces No Exitosos

Los altos promedios de cruces no exitosos, particularmente durante la estación seca, reflejan que, si bien existe una aproximación y reconocimiento de las estructuras por parte de la fauna, no todos los intentos culminan en un cruce efectivo.

Registro de capturas de cámaras trampa (2015-2024)

Variabilidad estacional y uso de las estructuras

El análisis de los datos de cruces exitosos por especie y en conjunto, registrados entre 2015 y 2024, revela que la efectividad de las estructuras de cruce de fauna está influenciada por la estacionalidad. Se observa una mayor frecuencia de cruces exitosos durante la estación seca, especialmente en especies como *Cuniculus paca*, que destaca como el principal usuario de estos pasos, seguido de *Tapirus bairdii*, *Dasyprocta punctata*, *Procyon cancrivorus* y *Procyon lotor*. A lo largo del periodo evaluado, trece especies utilizaron activamente los pasos, mientras que otras realizaron cruces esporádicos, lo que evidencia una funcionalidad amplia pero variable de las infraestructuras.

1. Tendencia temporal positiva en la diversidad

El registro anual muestra una tendencia creciente en el número de especies que utilizan las estructuras, con máximos en los años 2020, 2021 y 2023. Esta tendencia puede relacionarse tanto con la mejora de la cobertura vegetal y la adaptación de la fauna, como con el perfeccionamiento de las estrategias de monitoreo. Sin embargo, existen fluctuaciones puntuales asociadas a factores externos, como las variaciones climáticas o la presión humana. Se observa además que, aunque la actividad faunística general es mayor en la estación seca, la prueba t para dos muestras independientes no arrojó diferencias estadísticamente significativas en la frecuencia de cruces exitosos entre estaciones ($p > 0.05$), sugiriendo que otros factores además de la estacionalidad pueden estar influyendo en la efectividad de las estructuras.

2. Efectividad diferenciada entre estructuras

No todas las estructuras presentan la misma funcionalidad. Estructuras como B-CFS-06, B-CFS-03 y B-CFS-02 se destacan por su alta frecuencia de uso y mayor diversidad de especies, mientras que otras, como B-CFS-07 y B-CFS-11b, muestran bajos niveles de actividad. Los mapas de calor generados mediante el análisis Kernel confirman estos patrones, permitiendo identificar puntos críticos para la conectividad ecológica.

3. Cruces no exitosos y aproximación a la infraestructura

El análisis de cruces no exitosos indica que una parte importante de la fauna se aproxima a las estructuras, aunque no siempre concreta el cruce. Este comportamiento es especialmente marcado en la estación seca y en especies medianas. Tales registros representan una oportunidad para seguir adaptando el diseño de las infraestructuras y su entorno inmediato, a fin de mejorar su tasa de éxito y potenciar su función ecológica.

4. Valor estratégico y recomendaciones

Las estructuras de cruce monitoreadas han demostrado ser funcionales y relevantes para una parte importante de la fauna terrestre local, contribuyendo tanto a la conectividad ecológica como al comportamiento vital de diversas especies. Se recomienda mantener un monitoreo continuo, realizar análisis espaciales y temporales de los registros y considerar ajustes de diseño y manejo adaptativo según los patrones detectados, priorizando siempre la mejora de la funcionalidad ecológica de los pasos de fauna y su integración con el entorno natural.

BIBLIOGRAFÍA

Alonso, C., & Pascual, M. (2022). Efectividad de pasos de fauna en carreteras de América Latina: revisión y perspectivas. *Revista de Ecología y Conservación*, 25(2), 112–134.

Ascensão, F., Mata, C., Malo, J. E., Ruiz-Capillas, P., Silva, C., Silva, A. P., & Santos-Reis, M. (2013). Barrier effect of roads: an overview of ecological and evolutionary consequences. *Animal Biodiversity and Conservation*, 36(1), 13-25.

Bustamante, A. (2008). Densidad y uso de hábitat por los felinos en la parte sureste del área de amortiguamiento del Parque Nacional Corcovado, Península de Osa, Costa Rica. Tesis de Maestría, Instituto Internacional en Conservación y Manejo de Vida Silvestre, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

Clevenger, A. P., Chruszcz, B., & Gunson, K. E. (2001). Highway mitigation fencing reduces wildlife–vehicle collisions. *Wildlife Society Bulletin*, 29(2), 646–653.

Clevenger, A. P., & Huijser, M. P. (2011). *Wildlife crossing structure handbook: design and evaluation in North America*. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration.

Di Bitetti, M., Paviolo, A., & De Angelo, C. (2006). Density, habitat use and activity patterns of ocelots (*Leopardus pardalis*) in the Atlantic Forest of Misiones, Argentina. *Journal of Zoology*, 270, 153–163.

Emmons, L. H., & Feer, F. (1997). *Neotropical rain forest mammals: a field guide* (2nd ed.). University of Chicago Press.

Figuerola de León, F., et al. (2016). Cavity occupancy by lowland paca (*Cuniculus paca*) in the Lacandon Rainforest, Chiapas, Mexico. *Tropical Conservation Science*, 9(1), 246–263

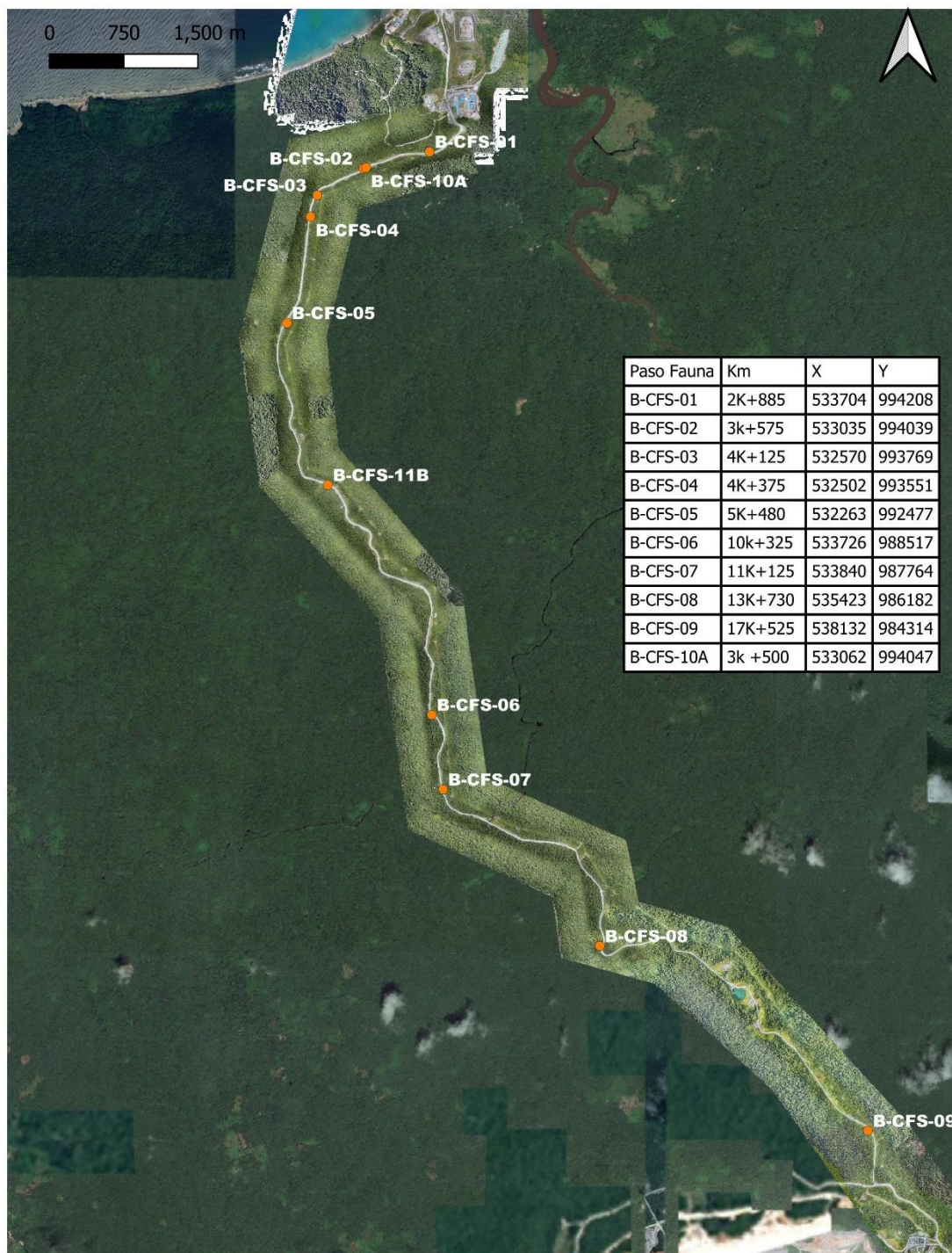
Foerster, C. (1998). Ecología de la danta centroamericana (*Tapirus bairdii*) en un bosque lluvioso tropical de Costa Rica. Tesis de Maestría, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

García Casimiro, E., & Santos Moreno, A. (2023). Factors influencing habitat occupancy by the spotted paca (*Cuniculus paca*) in Oaxaca, México. *Neotropical Ecology Journal*.

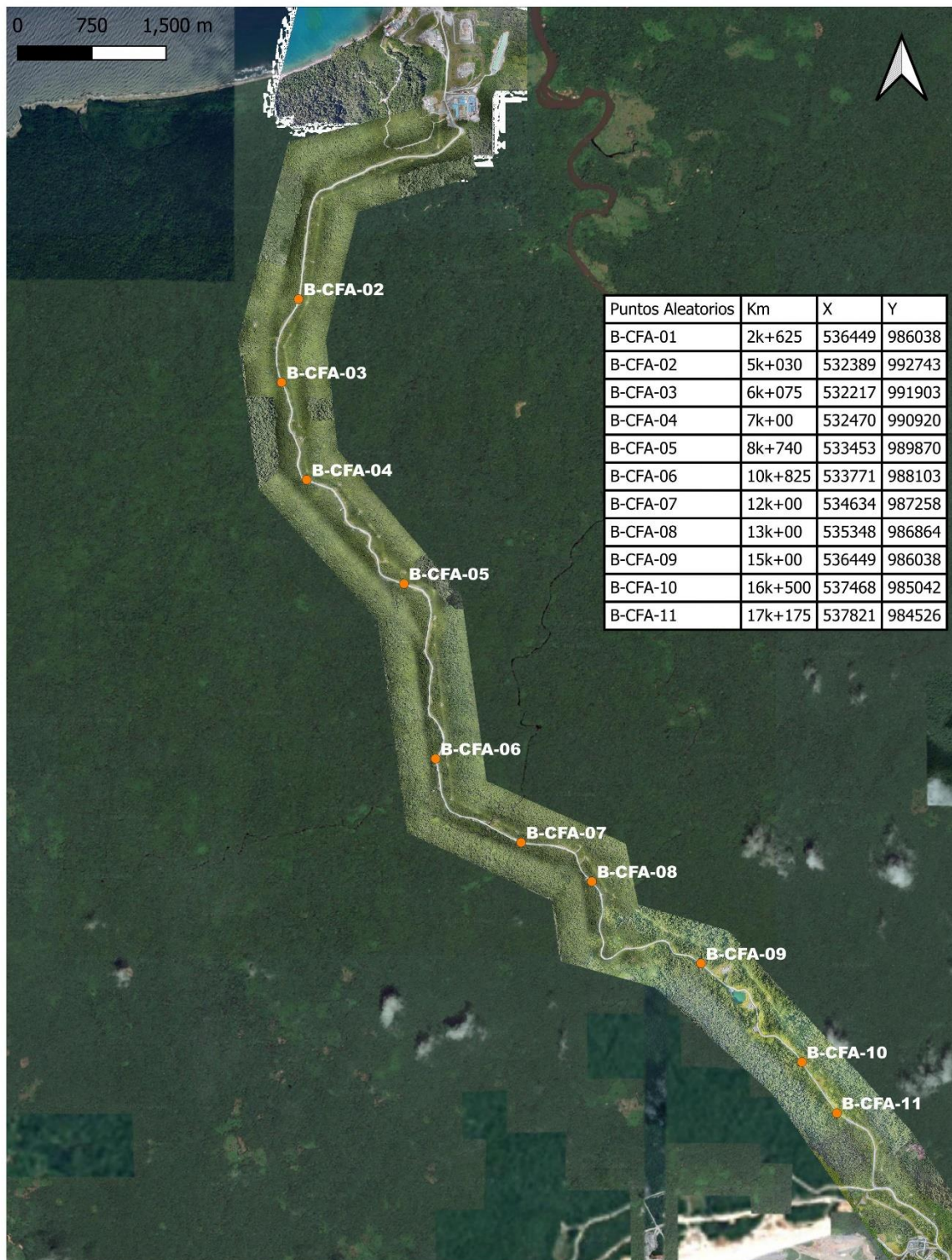
- Gloyne, C. C., & Clevenger, A. P. (2001). Cougar use of wildlife crossing structures on the Trans-Canada highway in Banff National Park, Alberta. *Wildlife Society Bulletin*, 29(1), 1–9.
- Grilo, C., Smith, D. J., & Klar, N. (2020). *Handbook of road ecology* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.
- Kolowski, J. M., & Forrester, T. D. (2017). Camera trap placement and the potential for bias due to trails and other features. *PLOS ONE*, 12(10), e0186679.
- Mafia, L., Nos, A., Cuellar, E., & Rumis, D. (2005). Ocelot (*Felis pardalis*) population densities, activity, y ranging behavior in the dry forests of eastern Bolivia: data from camera trapping. *Journal of Tropical Ecology*, 21, 16.
- Méndez, E. (1970). Los principales mamíferos silvestres de Panamá. Edición privada. Panamá.
- Moreno, R. (2006). Parámetros poblacionales y aspectos ecológicos de los felinos y sus presas en Cana, Parque Nacional Darién, Panamá. Tesis de Maestría, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- Moreno, R., & Bustamante, A. (2009). Datos ecológicos del ocelote (*Leopardus pardalis*) en Cana, Parque Nacional Darién, Panamá; utilizando el método de cámaras trampa. *Revista Tecnociencia*, 11(1), 91–102.
- Moreno, R., & Bustamante-Ho, A. (2007). Estatus del jaguar, otros felinos y sus presas en alto Chagres, utilizando cámaras trampa. Reporte Técnico, Sociedad Mastozoológica de Panamá.
- Moreno, R., & Bustamante-Ho, A. (2008). Uso de cámaras trampas y observación de huellas de mamíferos y otras especies en el camino oleoducto, Parque Nacional Soberanía, Panamá. Evaluación del uso del Parque Nacional Soberanía por felinos y otras especies. Fase de estudio piloto.
- MWH. (2013). Estudio de población de las especies de mamíferos de interés de Minera Panamá. Informe Técnico.
- Noss, A., Polisar, J., Maffei, L., Garcia, R., & Silver, S. (2012). Evaluando la densidad de jaguares con trampas cámara. Programa para la Conservación del Jaguar.
- Ochoa-Gaona, S. (2008). Una perspectiva de paisaje en el manejo del Corredor Biológico Mesoamericano. En *Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica* (pp. 1–620). INBio.
- Reid, F. (2009). *A field guide to the mammals of Central America and southeastern Mexico* (2nd ed.). Oxford University Press.
- Sunarto, et al. (2013). Camera trapping for the study and conservation of tropical carnivores. *Raffles Bulletin of Zoology Supplement*, 28, 21–42.

APÉNDICE

Mapa de los sitios, en la carretera hacia la costa, en dónde se encuentran las estaciones de cámara trampa de las estructuras de pasos de fauna.



Mapa de los sitios, en la carretera hacia la costa, en dónde se encuentran las estaciones con trampas cámara, para el monitoreo de puntos aleatorios sin estructuras de cruce de fauna.



REGISTRO FOTOGRÁFICO

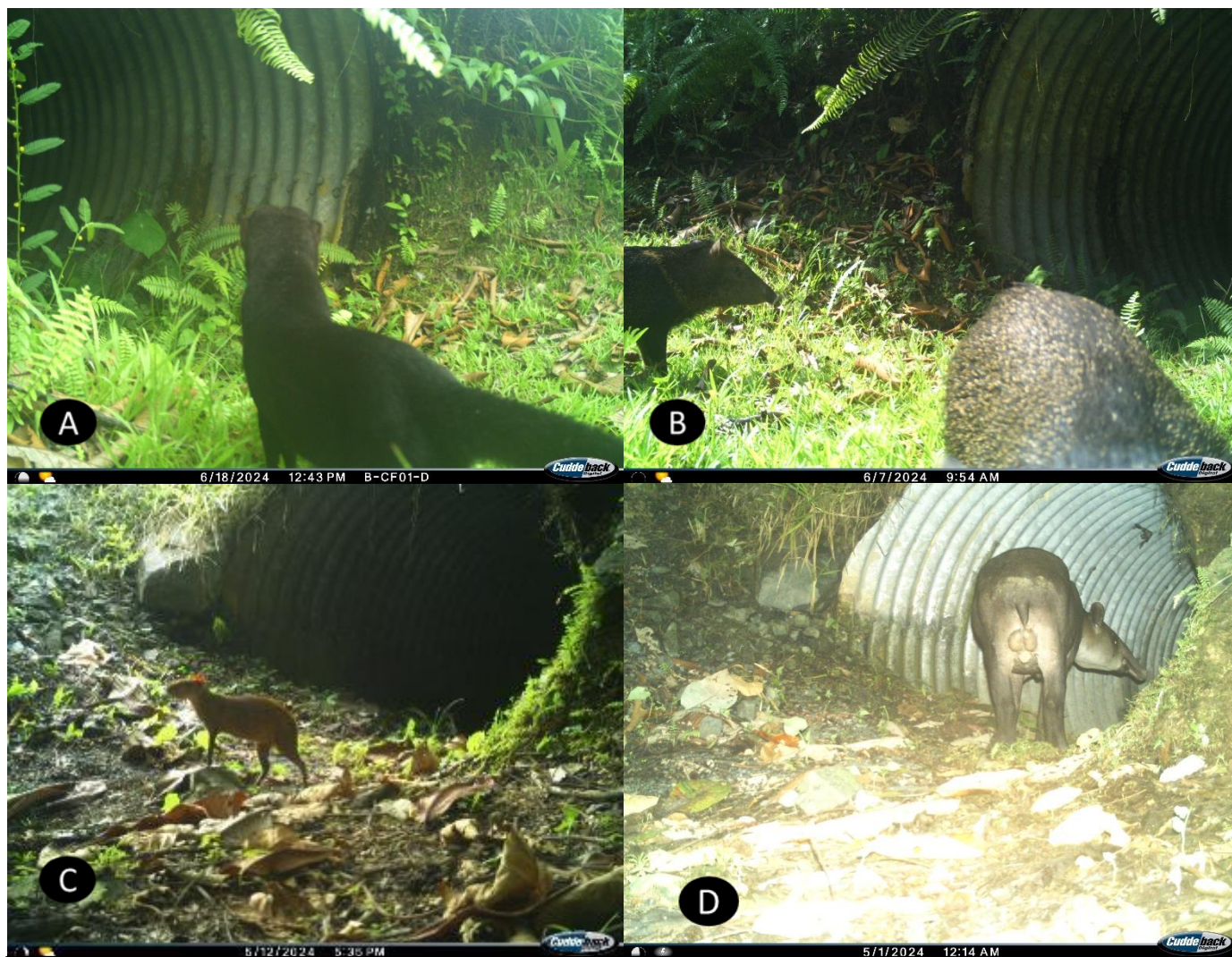


Foto N° 1 Registro de especies en las estructuras de pasos de fauna: **A)** *Eira barbara* B-CF-01 D **B)** *Pecari tajacu* B-CF-01 D **C)** *Dasyprocta punctata* B-CF-01 I **D)** *Tapirus bairdii* B-CF-01 I .

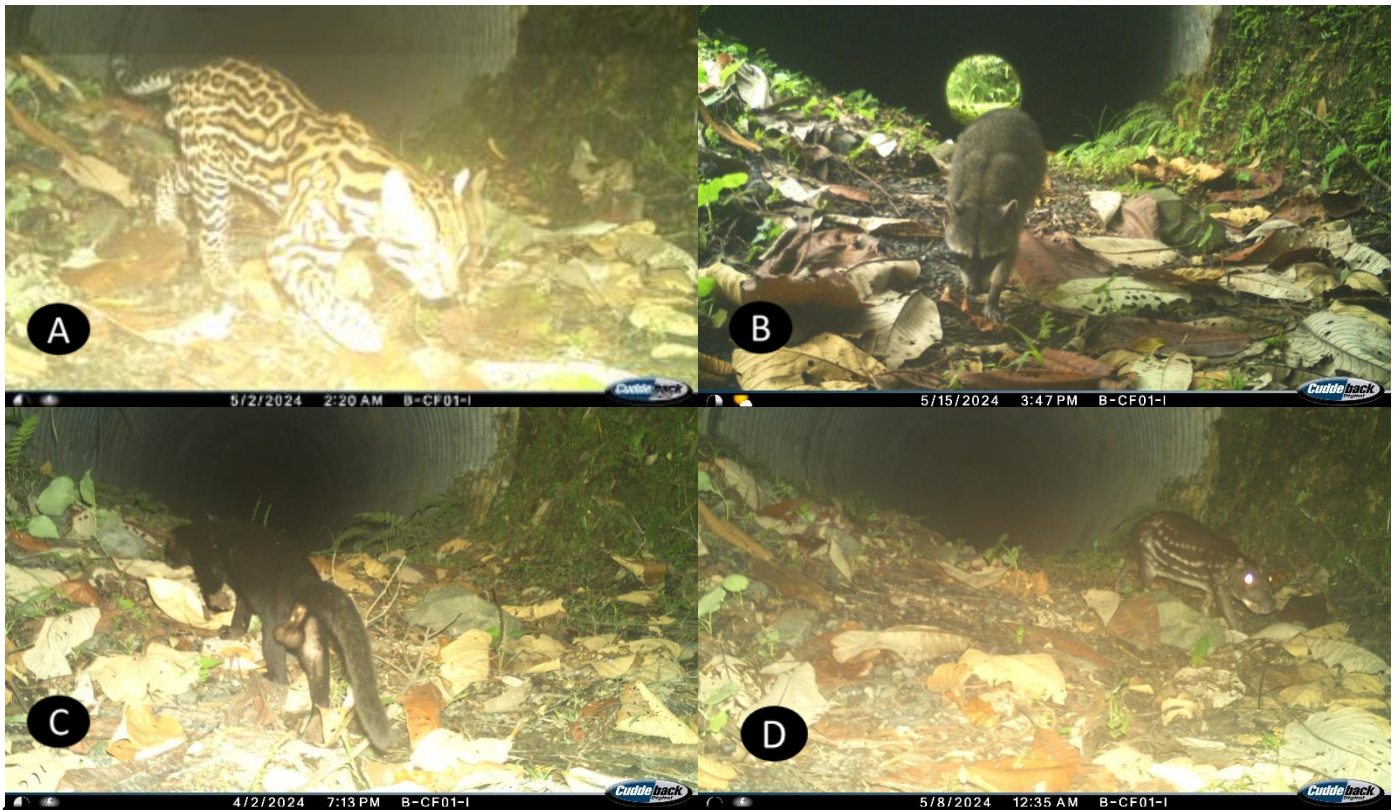


Foto N° 2 Registro de especies en las estructuras de pasos de fauna: **A)** *Leopardus pardalis* B-CF-01 | **B)** *Procyon lotor* B-CF-01 | **C)** *Eira barbara* B-CF-01 | **D)** *Cuniculus paca* B-CF-01 I.



Foto N° 3 Registro de especies en las estructuras de pasos de fauna: **A-B)** *Pecari tajacu* B-CF-02 | **C)** *Cuniculus paca* B-CF-02 | **D)** *Procyon cancrivorus* B-CF-02 |



Foto N° 4 Registro de *Tapirus bairdii* A) B-CF-03 D; B) B-CF-04 I; C) B-CF-08 D; D) B-CF-11a D



Foto N° 5 Registro de especies en las estructuras de pasos de fauna; **A)** *Mazama temama* B-CF-08 D; **B-C)** *Procyon lotor*; **D)** *Cuniculus paca* B-CF-04 I.



Foto N° 6 Registro de especies en los puntos aleatorios **A-B)** *Tapirus bairdii*; **C)** *Leopardus pardalis*; **D)** *Panthera onca*.

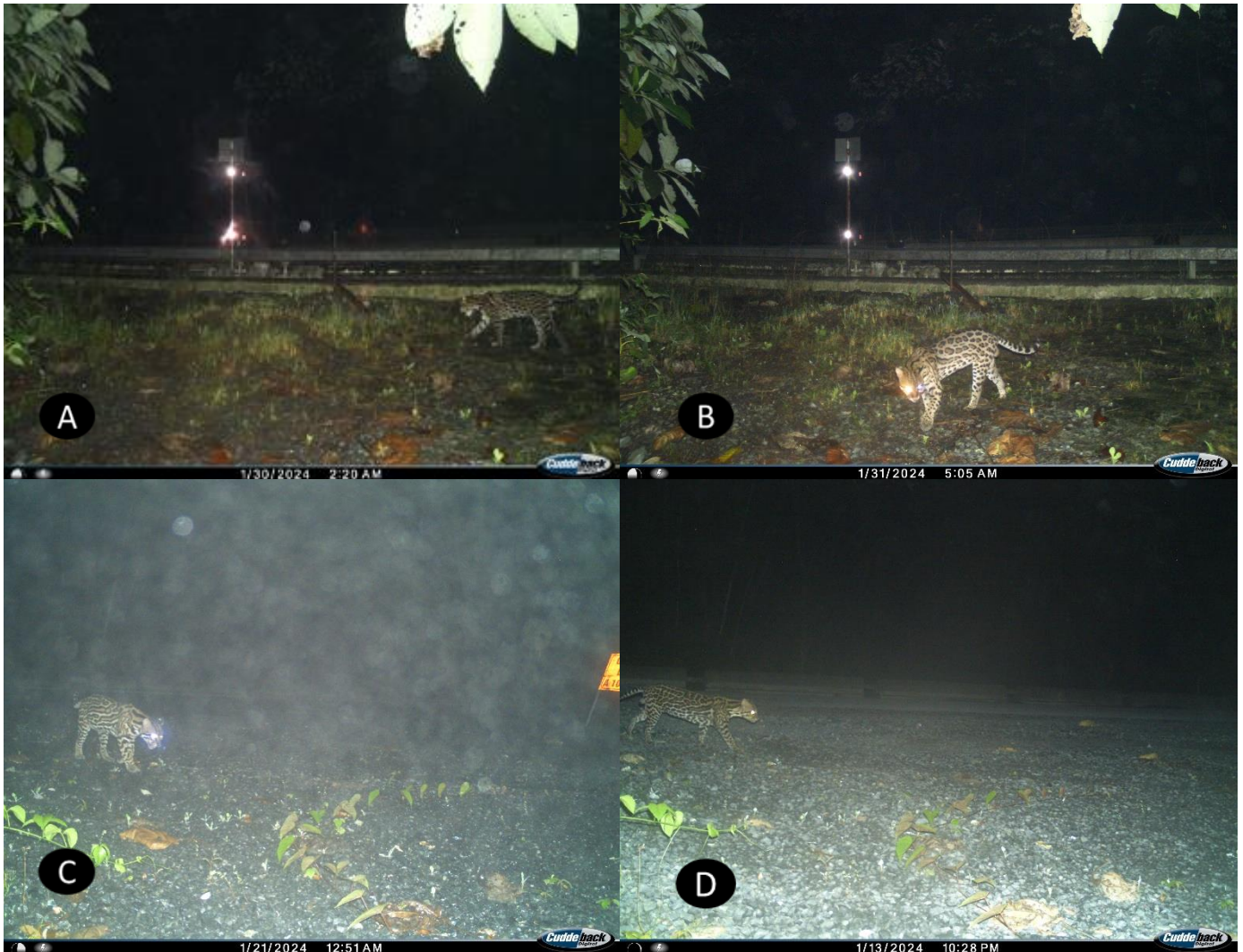


Foto N° 7 Registro de especies en los puntos aleatorios A-B-C-D) *Leopardus pardalis*